

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ІНСТИТУТ ПРИКЛАДНОГО СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ
КАФЕДРА МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

На правах рукопису
УДК 51-7

До захисту допущено
В. о. завідувача кафедри ММСА
О.Л.Тимощук
«__» _____ 2019 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра за спеціальністю 124 Системний аналіз
на тему: «Моделі інноваційних процесів на базі S-кривих»

Виконав:

студент II курсу, групи КА-381мп
Гурін Богдан Михайлович

Керівник: професор кафедри ММСА,
д.ф.м.н. проф. Лопатін О.К.

Рецензент: доцент кафедри ІТ,
ФІТ КГУ ім. Тараса Шевченка
к.т.н. Красовська Г.В.

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань
Студент _____

Київ
2019

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ІНСТИТУТ ПРИКЛАДНОГО СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ
КАФЕДРА МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

Рівень вищої освіти — другий (магістерський) за освітньо-професійною (освітньо-науковою) програмою

Спеціальність (спеціалізація) — 124 «Системний аналіз» («Системний аналіз фінансових ринків»)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ О.Л. Тимощук
(підпис)

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Гуріну Богдану Михайловичу

1. Тема дисертації «Моделі інноваційних процесів на базі S-кривих», науковий керівник дисертації Лопатін Олексій Костянтинович, д.ф.м.н., професор, затверджені наказом по університету від «05» листопада 2019 р. № 3825-с
2. Строк подання студентом дисертації: 13 грудня 2019 року.
3. Об'єкт дослідження: Закон еволюційного розвитку технологій та інноваційних процесів.
4. Предмет: Аналіз S-кривої розвитку, як інструмент опису та прогнозування розвитку технічних систем і зміни технологій.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити:
 - 1) Провести "технічний аналіз" S-кривої, вивчити проблеми підходів до визначення еволюції системи, вибору параметрів, отримання та оцінки вихідних даних, трактування результатів
 - 2) Вивчити види еволюційних кривих, скласти атлас S - кривих, описати їх властивостей і сфер застосування
 - 3) Вивчити методи вибору з арсеналу S- кривих ті, які найбільш повно відображають суть процесу, описуваного наявними статистичними даними

- 4) Розробити алгоритм ідентифікації та оцінки параметрів S - кривих за наявними статистичними даними на основі нелінійного методу найменших квадратів (the nonlinear least squares - NLS) (Minitab 19)
- 5) Вирішити задачу вибору початкового наближення для нелінійного методу найменших квадратів
- 6) Розробити алгоритм прогнозування основного параметра S - кривий на прикладі дифузійної моделі Бааса.
6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: структурна схема побудови моделі, схеми, графіки та результати проектування.
7. Дата видачі завдання: 5 вересня 2019 року.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Отримання завдання та розробка календарного плану		
2	Оформлення першого розділу		
3	Оформлення другого розділу		
4	Оформлення третього розділу		
5	Оформлення четвертого розділу		
6	Оформлення висновків		

Студент _____

Гурін Б.М.

Науковий керівник дисертації _____

Лопатін О.К.

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація містить 107 с., 26 табл., 51 рис. та 32 джерела.

Об'єкт дослідження: Закон еволюційного розвитку технологій та інноваційних процесів.

Предмет дослідження: Аналіз S-кривої розвитку, як інструмент опису та прогнозування розвитку технічних систем і зміни технологій.

Робота присвячена застосуванню S-образних кривих в контексті розв'язання винахідницьких завдань, інновацій та технологій і їх прогнозів. Після пояснення походження логістичної S-кривої дається короткий огляд публікацій та наводяться приклади з різних областей її застосування. Розроблено методику ідентифікації параметрів S-образних кривих за заданими історичними даними на основі нелінійного OLS методу (використані графічного калькулятора Desmos і пакет статистичного аналізу Minitab 19). На основі цієї методики вирішується завдання вибору найкращої S- кривої серед відібраних для використання за отриманими статистичними оцінками. Далі будуються локальні прогнози для досліджуваного ряду на прикладі дифузійної моделі Басса. Прогноз будується в режимі моніторингу, що дозволяє прогнозувати досліджуваний ряд на кілька кроків вперед. Незважаючи на велику критику і труднощі використання S-кривих для довгострокового прогнозування, вона продовжує залишатися популярною моделлю для опису еволюції систем (технологічних, економічних, соціальних та інших) з плином часу.

ЕВОЛЮЦІЯ СИСТЕМИ, ІННОВАЦІЇ, ТЕХНОЛОГІЇ, ЗРАЗКИ S-КРИВИХ,
ІДЕНТИФІКАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ, ЛОКАЛЬНІ ПРОГНОЗИ, ДИФУЗІЙНА
МОДЕЛЬ БААСА

ABSTRACT

Master's Thesis Grades 107 pp., 26 Tables, 51 Figs. and 32 sources.

Object of study: The law of evolutionary development of technologies and innovation processes.

Research subject: Analysis of the S-curve of development as a tool for describing and forecasting the development of technical systems and changes of technologies.

The paper deals with the application of S-shaped curves in the context of solving inventive problems, innovations and technologies and their forecasts. After explaining the origin of the logistic S-curve, a brief overview of the publications is given and examples from various fields of application are given. A technique for identifying the parameters of S-curves based on given historical data based on the nonlinear OLS method (using the Desmos graphing calculator and the Minitab 19 statistical analysis package) was developed. On the basis of this technique, the problem of choosing the best S-curve among those selected for use according to the statistical estimates obtained is solved. Next, we build local forecasts for the series under consideration by the example of the Bass diffusion model. The forecast is built in monitoring mode, which allows us to forecast the series under investigation by several steps. Despite the great criticism and difficulty of using S-curves for long-term forecasting, it continues to be a popular model for describing the evolution of systems (technological, economic, social, and others) over time.

SYSTEM EVOLUTION, INNOVATION, TECHNOLOGY, S-CURVE
SAMPLES, PARAMETER IDENTIFICATION, LOCAL FORECASTS, BAAS
DIFFUSION MODEL

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	8
ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1 ТЕХНОЛОГІЧНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ.....	13
1.1 Аналіз S-кривої розвитку, як інструмент опису та прогнозування розвитку технічних систем	13
1.2 "Технічний аналіз" S-кривої	16
1.3 Оцінка етапу за непрямыми ознаками	20
1.4 Чому відбувається розбіжність теорії з практикою	23
Висновки до розділу.....	23
РОЗДІЛ 2 ЗАВДАННЯ МОДЕЛЮВАННЯ ЗРОСТАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕКОНОМІКО-СОЦІАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ (СЕС) І ШВИДКОСТЕЙ ЇХ ЗМІН.	25
2.1 Часто використовувані відомі кумулятивні моделі трендів	25
2.1.1 S-криві, породжувані диференціальних рівнянь.....	25
2.1.2 Феноменологічні моделі логістичних кривих зростання	42
2.2 Історія S-подібної кривої	49
2.2.1 Походження логістичної кривої і її основна концепція	49
2.2.2 Деякі приклади застосування S-кривих.....	52
2.2.3. Конкуренція двох технологій.....	54
2.2.4 Закономірності розвитку авіаційної техніки	55
Висновки до розділу.....	65
РОЗДІЛ 3 ОЦІНКА ПАРАМЕТРІВ ЕВОЛЮЦІЙНИХ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ КРИВИХ ЗРОСТАННЯ	67
3.1 Ідентифікація параметрів.....	67

3.1.1. OLS процедура Басса.....	68
3.2 Порівняльний аналіз S-кривих при апроксимації статистичних даних ..	69
3.3 Дифузійної модель Басса (Bass model).....	77
3.3.1. Прогнозування визначального параметра на основі моделі Басса	79
Висновки до розділу.....	85
РОЗДІЛ 4 МЕНЕДЖМЕНТ СТАРТАП ПРОЕКТУ	87
4.1 Інформаційна карта проекту	87
4.2 Команда проекту.....	88
4.3 Бізнес-модель проекту.....	89
4.4 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	90
4.5 Розроблення ринкової стратегії проекту	98
4.6 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	101
Висновки до розділу.....	103
ВИСНОВКИ	104
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	105

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

SE Fit

Стандартна помилка підбору (SE-підгонка) оцінює зміну оціночного середнього відгуку для заданих змінних параметрів.

Resid

Залишок (e_i) - це різниця між спостережуваним значенням (y) і відповідним підібраним значенням (SE Fit)

Стандартний Resid

Стандартизований залишок дорівнює значенню залишку (e_i), поділеній на оцінку його стандартного відхилення.

DF

Загальні ступеня свободи (DF) - це обсяг інформації в ваших даних.

Adj SS

Скориговані суми квадратів є заходами варіації для різних компонентів моделі.

F-значення

Значення F з'являється для кожного терміна в таблиці аналізу відхилень:

P-значення - регресія

Значення p - це ймовірність, яка порівнює докази з нульовою гіпотезою. Нижчі ймовірності дають більш вагомні докази проти нульової гіпотези.

P-значення - коефіцієнт

Значення p - це ймовірність, яка порівнює докази з нульовою гіпотезою. Нижчі ймовірності дають більш вагомні докази проти нульової гіпотези.), яке є значенням, передбаченим моделлю.

ВСТУП

До моделей зростання будемо відносити економіко-математичні моделі, які описують в математичній формі зміна показників, характеристик їх розвитку [40].

Як показники можуть виступати, наприклад, збут (в одиницях продукту або в грошових одиницях), попит на продукт (або на окремі характеристики продукту) в пошукових системах Інтернету, дані соціологічних опитувань, технічні показники розвитку мереж комунікацій, показників динаміки чисельності різних організмів і популяцій і т.д.

Відзначимо, що модель збуту в грошових одиницях в загальному випадку є менш точною, ніж модель збуту в одиницях продукту, тому що перша вимагає врахування інфляції.

Модель попиту (звернень) в пошукових системах також принципово може бути використана, але відображає лише можливий (часто лише попередній або відкладений) попит.

В економіці, в соціології, при аналізі технологічних процесів численні приклади окремого випадку моделей зростання: так званих логістичних траєкторій, в яких тренд визначається параметра спочатку зростає повільно, потім прискорюється, а після точки перегину знову уповільнює своє зростання, прагнучи до деякого межі («рівню насичення »).

До рівня насичення перша похідна таких логістичних траєкторій позитивна. Друга похідна до точки перегину позитивна, в ній - дорівнює нулю, після неї - негативна. При досягненні рівня насичення перша і друга похідні дорівнюють нулю. У ряді програм аналогічний характер має не зростання, а зменшення рівнів траєкторії показника до «рівня спаду».

Наведемо деякі приклади логістичних траєкторій [11-14,40]:

- зміна попиту на товари, що мають здатність досягати деякого рівня насичення. Аналіз такої динаміки може проводитися як у часі, так і в

функції просторової змінної, наприклад, в залежності від обсягу коштів, що витрачаються на рекламу товару (послуги);

- зростання систем різноманітної природи в залежності від їх віку або збільшення масштабу (частка жителів в містах, що мають гаряче водопостачання або центральне опалення);
- частка неписьменних жителів серед населення;
- частка насичення ринку новими товарами і послугами, в тому числі опис числа користувачів російського або закордонного Інтернету;
- оцінка зміни числа сімей, що мають радіо і телебачення;
- зростання населення країни в страхових дослідженнях;
- розвиток різних біологічних популяцій;
- розвиток тих чи інших показників технологічних нововведень;
- динаміка антисоціальної поведінки (колективного протесту, тактики терористів, поширення наркотиків) та ін.

Велико кількість показників банківської діяльності, що мають логістичну динаміку:

- кредити, видані комерційним організаціям;
- динаміка коштів юридичних осіб;
- валюта балансу;
- сумарні зобов'язання;
- чисті активи;
- динаміка коштів приватних осіб;
- динаміка гарантійних зобов'язань;
- зв'язок між обсягом залучених банком коштів і використовуваної усередненої нормою витрат на залучення одиниці цих коштів та ін.

Можна, звичайно, логістичну тенденцію тренда спрощено вважати об'єднанням трьох різних за типом тенденцій: параболічної з прискореним

ростом на першому етапі, лінійної - на другому етапі і гіперболічної з замедляючимся зростанням - на третьому етапі.

Однак вагоміше доводи на користь розгляду всього циклу логістичного розвитку як особливого єдиного типу тенденції зі складними змінними властивостями, але з постійним напрямком змін в бік збільшення (або зменшення) рівнів.

Відомі й так звані довгі хвилі економічної динаміки, поява яких пояснюється нерівномірністю інноваційної активності. Інноваційний цикл зазвичай починається з ліквідації відставання фірми в розвитку її потенціалу, що знижує конкурентний статус.

Особлива увага приділяється технологічним інноваціям. Основною характеристикою процесу тут служить так званий «технологічний розрив» (рис. 2.5 **Ошибка! Источник ссылки не найден.**).

Він характеризує відмінність в ефективності P нової і старої технологій: $\Delta P = P_2 - P_1$, а також в обсягах коштів $\Delta K = K_2 - K_1$, необхідних для вкладення в нову технологію з метою досягнення нею результативності, яку не має на сьогодні стара технологія.

Після того як технологічний розрив ΔP подолано, настає момент, коли вкладати кошти у вдосконалення нової технології вигідніше, ніж в збереження старої. Тому процес заміщення однієї технології іншою набуває незворотного характеру.

Більшість дослідників схилиються до того, що саме на періоди депресій припадають основні інновації - технологічні і організаційні нововведення. В умовах сприятливої кон'юнктури підприємці вважають за краще уникати надмірного ризику, пов'язаного з корінний перебудовою виробництва, намагаються обмежитися раціоналізацією і удосконаленням існуючих технологічних процесів. У періоди депресій, коли саме існування величезної кількості господарюючих одиниць ставиться під загрозу, підприємці змушені

ризикувати, розуміючи, що незначні удосконалення не приведуть до кардинального покращення ситуації.

Через 10-15 років після базисних нововведень починається підвищення економічної кон'юнктури, створюються сприятливі умови для доповнюють нововведень. Вторинні інновації, часткові удосконалення доводять до досконалості то фундаментально нове, що виникло в фазі депресії. Формується новий технологічний уклад, життєвий цикл якого складає від 100 до 130 років. Технологічні уклади домінують в економіці, послідовно змінюючи один одного, викликаючи тим самим коливання траєкторії економічного розвитку.

Унікальною властивістю логістичного тренда є його здатність прогнозувати якісні (структурні) зміни в розвитку динаміки, які характеризуються зміною знака похідної. Вирішення цього завдання дозволило б вже на початковому етапі (він може включати і точку перегину) економічного спостереження розрахувати всю траєкторію розвитку. Можливо і визначення термінів переходу від прискореного зростання до уповільненого росту, прогнозування рівня насичення, що надзвичайно важливо при плануванні виробництва і оцінці ефективності інновацій, маркетингової програми реалізації нового виду продукту.

До теперішнього часу основна увага приділялася кумулятивним (накопиченим до певного моменту часу або значенням просторової змінної) моделям логістичної динаміки, які називають також інтегральними, логістами, S-образними, сигмоїдальна.

РОЗДІЛ 1 ТЕХНОЛОГІЧНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ

Пропонується висвітлення проблем аналізу еволюції технічних систем по S-кривій (S-curve) [1-11]. Розглядаються різні види еволюційних кривих. Проводиться "технічний аналіз" S-кривій, розглядаються проблеми: підходів до визначення еволюціонує технічної системи, вибору параметрів, отримання та оцінки вихідних даних, трактування результатів. Розглядаються проблеми оцінки етапів розвитку ТС за непрямыми ознаками.

1.1 Аналіз S-кривій розвитку, як інструмент опису та прогнозування розвитку технічних систем

Аналіз S-кривій розвитку, як інструмент опису та прогнозування розвитку технічних систем (ТС) широко поширений в науково-технічному прогнозуванні. В теорії ТРИЗ S-крива удостоїлася високого звання одного з основних законів.

Метод виглядає простим, інтуїтивно зрозумілим, нарешті, просто красивим. (Рис 1.1)

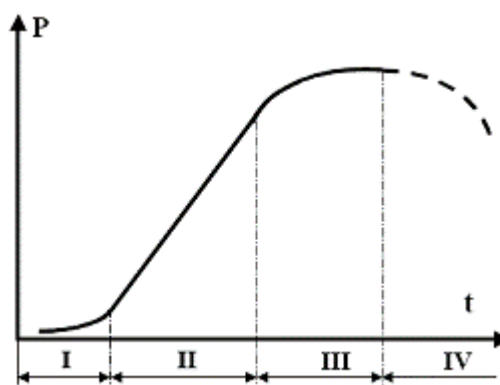


Рис. 1.1 - Класична S-крива [3], де:

ділянка I - "зародження" системи (поява ідеї і дослідних зразків),

ділянка II - промислове виготовлення системи і доопрацювання системи відповідно до вимог ринку,

ділянка III - незначне "дотискування" системи, як правило, основні параметри системи вже не змінюються, відбуваються "косметичні" зміни, частіше за все не суттєві,

ділянка IV - погіршення певних параметрів системи.

Однак в питаннях універсальності, надійності, достовірності та інструментальності цього методу (і закону) існують серйозні проблеми, які потребують суттєвих уточнень і прояснень. Часто оцінка етапів розвитку проходить «за досвідом», «за поняттями», на інтуїтивному, а не аналітичному рівні.

Види еволюційних кривих.

Завдання опису процесів розвитку стоять перед дослідниками в самих різних галузях науки - фізики, хімії, біології, економіки, соціальних наук. І класична S-крива - далеко не єдиний вид еволюційних кривих. Можна виділити, наприклад:

- діалектична спіраль, знайому всім (вірніше вже не всім ...) по урокам марксизму-ленінізму,
- теорії циклів і хвиль, широко розвинені в економіці (від фундаментальних праць Еліота і Кондратьєва до технічного аналізу коливань біржових курсів акцій компаній),
- закони прискореного розвитку (закон Мура в мікроелектроніці),

І навіть S-крива може поставати в досить несподіваних варіантах:

"двогорбий" S-крива "активності досліджень" (гіпоцікл Гартнера) [5], що характеризує випадки, коли для нової розробки, після бурхливого початкового сплеску настає ділянку падіння («протверезіння»), після якого знову починається період зростання. (Рис. 1.2)

"зворотна" S-крива, що описує зниження факторів розплати технічної системи - як прямих (наприклад зниження ціни фулеренів) [6], (Рис. 1.3), так і непрямих (зниження шкідливих викидів дизелів) (Рис. 1.4)

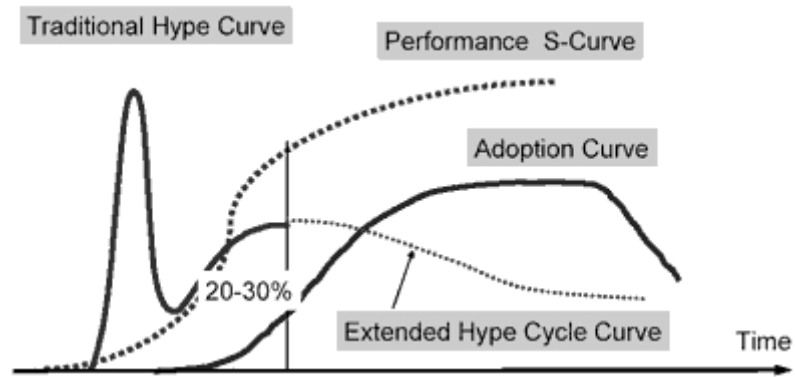


Рис. 1.2 - "Двогорба" S-крива "активності досліджень" (гіпоцікл Гартнера)

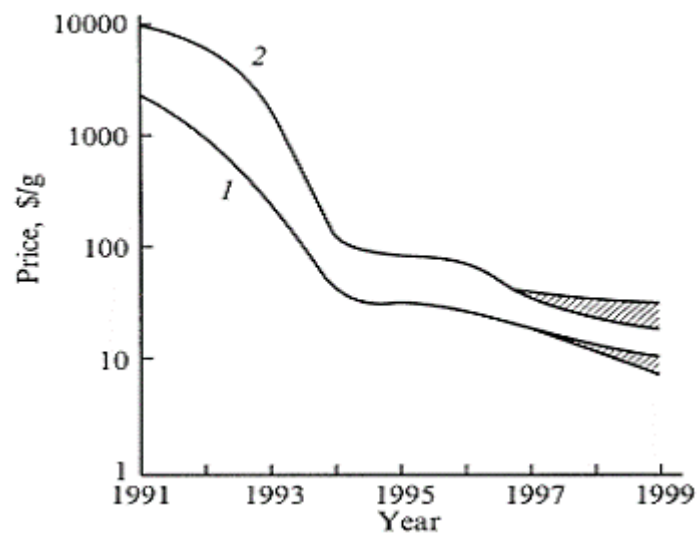


Рис. 1.3 - Світові ціни на суміш фулеренів і чистий фуллерен C-60

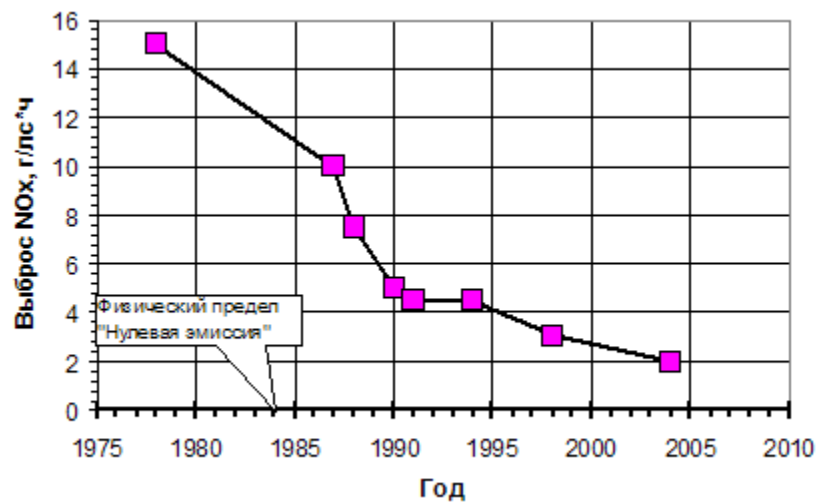


Рис. 1.4 - Зниження шкідливих викидів NOx для дизелів (За даними фірми Cummins)

Така різноманітність варіантів еволюції систем вказує на те, що застосовність описової моделі до конкретного випадку вимагає осмислення і перевірки.

1.2 "Технічний аналіз" S-кривої

Проведемо "технічний аналіз" S-кривої - що це за крива, з чого вона складається, як її будувати - і які проблеми при цьому виникають.

Визначення ТЗ.

Вибір цього визначення не такий простий. Наприклад екраноплан- можна розглядати в рамках ТС «(найшвидший) корабель» або «(найекономічніший) літак». При цьому можна виділити «компонентний» і «функціональний» підхід до визначення еволюціонує технічної системи.

Компонентний підхід: "як влаштована система", "яким чином працює система". Такий підхід краще описується звичайної одиничної S-кривої. Приклад: ТС "карбюраторний двигун внутрішнього згоряння" - явно виходить на 4 етап розвитку.

Функціональний підхід: "для чого призначена система", "яку функцію виконує система". Такий підхід більш органічно описується варіантами "перехід на нову S-криву" і "огиає крива". (Рис.1.5,1.6) Приклад: ТС "автомобільний двигун", т. Е. Включає карбюраторний, інжекторний, дизельний двигуни, турбіну, гібрид і т.д. - розвивається не S-образно, а по обвідної.

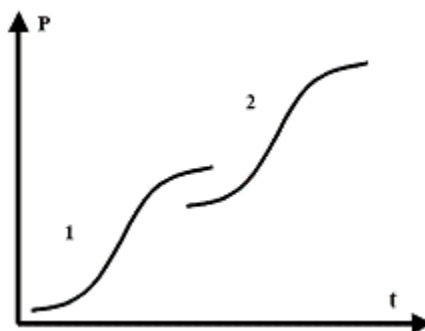


Рис. 1.5 - Стрибкоподібне розвиток систем -Перехід на новий принцип дії.

[3]



Рис. 1.6 - Що огинає крива. [3]

Вибір параметра (головного параметра).

В теорії все просто. «Техніка прогнозування методом огинають кривих проста: треба лише правильно вибрати показник, комплексно характеризує розвиток всієї технічної системи. Наприклад, якщо, прогнозуючи розвиток кораблів, ми візьмемо таким показником кількість щогл на кораблі, вийде явна нісенітниця. Які треба вибрати характеристики - про це йдеться у багатьох книгах по прогнозуванню »" [2]. На практиці набагато складніше. Для того ж корабля - це може бути і швидкість, і вантажопідйомність, і паливна економічність і, можливо, багато інших параметрів. Рекомендовані у багатьох роботах по прогнозуванню методики згортання багатьох параметрів з урахуванням їх значущості в один критерій залишають невирішеними проблеми відбору згортається параметрів і підбору вагових коефіцієнтів для них. Експертні оцінки значущості параметрів неминуче несуть в собі суб'єктивність і інерцію попереднього досвіду. Пропоновані допущення, що одна і та ж система може перебувати на різних етапах S-кривої за різними параметрами, знімають частину

проблем на етапі аналізу, але призводять до серйозних протиріч на етапі видачі рекомендацій.

Пошук, оцінка достовірності, трактування вихідних даних для S-кривої.

Для того, щоб побудувати скільки-небудь достовірну криву складної форми треба мати хоча б кілька опорних точок на кожен з її ділянок. Щоб не уподібнюватися героям відомого анекдоту про «теоретиків, які будують криву по 2 точкам і експериментатора, що будують пряму по 3 точкам», в загальному випадку вважається за необхідне мати як мінімум по 3 точки на кожен етап кривої. Однак при пошуку оцінці вихідних даних ми стикаємося з численними проблемами.

- Близькі за функціональним призначенням і технічному пристрої технічні системи різних виробників в один і той же час мають суттєво різні параметри. Відбувається свого роду «розщеплення кривої», крива перетворюється в широку смугу. Аналоги цього явища існують і в нетехнічних світі. Наприклад, біорізноманіття в живій природі, яке визначає максимальну повноту використання всіх можливих ресурсів живими організмами і забезпечує максимальну їхню здатність до виживання і пристосованість до різноманітної і мінливого середовищі. Або фізичне явище розщеплення енергетичних ліній спектрів в зовнішньому силовому полі.
- Найчастіше складно визначити поява технічної системи на тимчасовій осі - моменти розробки, отримання патенту, досвідченого зразка і виходу на масовий ринок поділяють багато років.
- Достовірність заявлених параметрів, що відображаються в рекламі, патентах, інвестиційних деклараціях, часто залишає бажати кращого.
- Для все більшого числа товарів на споживчому ринку головну роль починають грати трудноопреділювані в технічних кількісних термінах параметри «зручності», «привабливості».

Оцінка меж зростання.

Існує безліч видів меж розвитку для ТЗ: фізичні, технічні, економічні, юридичні та ін. Однак реально нездоланими є тільки фізичні межі: швидкість світла, закони збереження енергії і матерії. (Та й то лише в рамках відомих на сьогодні законів). Практично реальні ТС впираються в фізичні межі досить рідко. Більшість існуючих меж є «плаваючими» і змінюються в ході розвитку надсистеми і підсистем. При цьому зміни цих меж можуть дати новий імпульс розвитку систем, що знаходяться на стабільному 3 етапі. Наприклад, зміна технічних меж міцності матеріалу - впровадження вуглепластикових композитів в літаку Boeing 7E7 Dreamliner дозволило істотно підвищити паливну економічність - один з найважливіших параметрів. І навпаки, зміна юридичних меж по допустимим викидам витіснило карбюраторні автомобільні двигуни на 4 етап.

Особливо слід виділити ситуації "необмеженого або саморозширювальні" ресурсу, коли межа зростання відсутня взагалі, або настільки далекий, що його можна вважати з практичної точки зору відсутнім. У таких випадках і еволюція системи буде йти не по S-кривої, а за іншими законами. Така картина спостерігається, наприклад, в галузі інформатики, де швидкість обчислень прискорено зростає, як за рахунок швидкодії процесорів, так і за рахунок нових алгоритмів обробки, паралельних обчислень, розподілених обчислень з використанням Інтернет (таких як Seti @ home).

Прогноз точок перегину.

З практичної точки зору найбільший інтерес могло б представляти не тільки, а може навіть і не стільки визначення нинішньої стадії розвитку ТС, а передбачення, наскільки МС близька до переходу на наступний етап. Пошук таких ознак є актуальною, але поки невирішеним завданням. Можливими такими ознаками можуть бути запропоновані:

- «Розщеплення кривої», наростання розкиду величини головного параметра перед переходом від 2 етапу до 3-му.
- Наближення величини головного параметра ТЗ до фізичного або досить «жорсткого» технічного межі перед переходом від 2 етапу до 3-му.

- Наближення величини головного параметра альтернативних, з точки зору "компонентного підходу", і аналогічних, з точки зору "функціонального підходу", технічних систем до головного параметру розглянутої ТЗ перед переходом від 3 етапу до 4-му.

1.3 Оцінка етапу за непрямыми ознаками

У багатьох роботах пропонується оцінювати етап розвитку ТС за непрямыми ознаками, таким як кількість і рівень винаходів, прибуток, принесена системою. (Рис. 1.7). Однак надійність цих критеріїв викликає сумніви.

Кількість винаходів

Для експериментальної перевірки надійності критерію кількості винаходів були проведені статистичні патентні дослідження (за датою пріоритету) в базі Delphion для різних ТС з різних галузей, передбачувано перебувають на різних рівнях розвитку. Були досліджені: літак і дизель (3 етап), мобільний телефон і фуллерен (2 етап). Причому були випробувані найрізноманітніші варіанти пошукових образів і умов пошуку.

Результати, представлені на Рис. 8-11, показують, що статистика патентів дуже істотно відрізняється від теоретичної, і покладатися на цей критерій невиправдано.

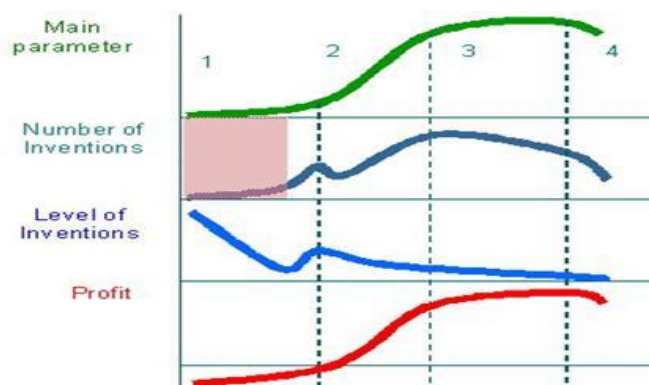


Рис.1.7 - Головний параметр, кількість винаходів, рівень винаходів і прибутковість ТЗ на різних етапах S-кривої.

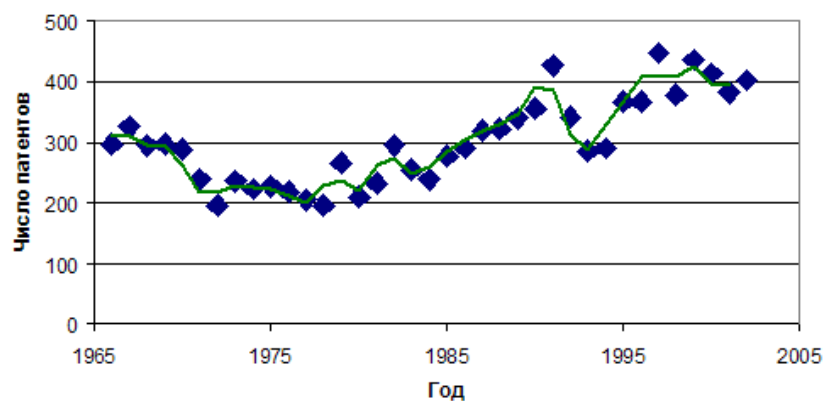


Рис.1.8 - Розподіл патентів за роками для ТЗ "Літальні апарат важчий за повітря" (Код В 64С по МПК)

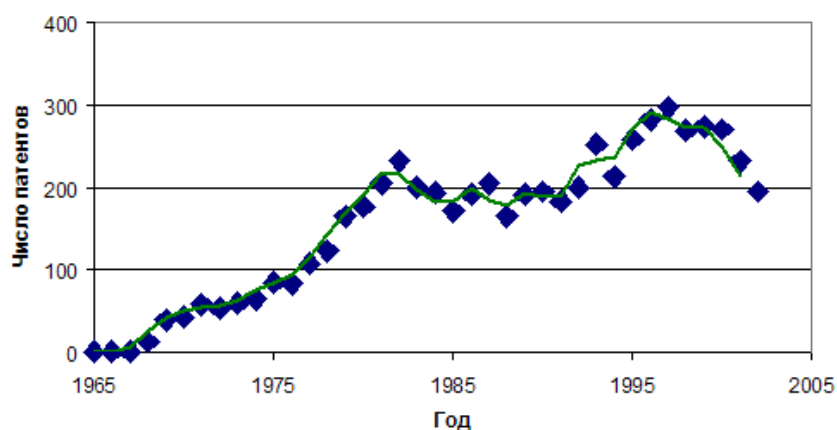


Рис.1.9 - Розподіл патентів за роками для ТЗ "Дизель" (Diesel)

В якості причин цієї невідповідності можна відзначити наступне:

- Кількість патентів не тотожне кількості винаходів. Частина винаходів захищається цілим патентним парасолькою, а частина, навпаки, зберігається у вигляді "ноу-хау".
- Структура патентних баз і пошукових систем значно змінювалася в тривалій перспективі. Тому розгляд статистики більш ніж на 20-30 років углиб може привести до невірних результатів.
- Розвиток технічної системи в багатьох випадках йде через вдосконалення її підсистем і надсистем, що відображається в патентній статистиці по відповідним термінам і класам міжнародну патентну класифікацію (МПК). Наприклад, для компанії Boeing, число патентів в таких галузях як

матеріалознавство та комп'ютерне забезпечення в сумі перевищує власне авіаційну тематику (Табл.1).

Табл. 1.1. Розподіл по класам патентів Boeing (2005р)

Field of invention	Число патентів
B64C - aeroplanes; helicopters....	300
B32B layered products, i.e. products built-up of strata of flat or non-flat, e.g. cellular or honeycomb...	212
G06F computing; calculating; counting...	174

Рівень

У той час як за кількістю винаходів статистику отримати відносно легко, оцінка рівня винаходів є набагато складнішим завданням. Такий аналіз вимагає великої і тривалої роботи висококваліфікованих фахівців, що зазвичай перевищує фінансові можливості звичайних проектів. Реальних підходів до автоматизації такого аналізу поки немає, за винятком спроб застосування індексу частоти цитування патентів [7]. Однак до цього підходу перешкоджає показана вище нерівномірність загального числа патентів, різний час існування різних патентів, різні патентні традиції в різних країнах, різні фінансові можливості замовників, а також практика збереження найбільш важливих винаходів в секреті (держави або фірми).

Прибуток

Оцінка прибутковості від досліджуваної ТС ще більш ускладнена. Це пов'язано з тим, що більшість фірм є багатогалузевими, їх розробки часто перехресно субсидуються і отримати реальне уявлення про прибутковість ТС вкрай складно, навіть маючи доступ до фінансової документації замовника. Тим більше, практично неможливо отримати відомості від інших фірм конкурентів з-

за міркувань комерційної таємниці. Крім того, на розподіл прибутку по роках впливають загальні економічні цикли і коливання кон'юнктури, глобальні тенденції і потрясіння.

1.4 Чому відбувається розбіжність теорії з практикою

Можливі причини розбіжностей теорії з практикою ще вимагають свого дослідження. Поки можна припустити наступні:

- "Адаптація або еволюція". Подібно біологічного світу в умовах нестачі ресурсів, системи диверсифікуються, прагнучи найбільш повно освоїти всі види ресурсів. І як в біологічному світі поряд з "царем природи" - людиною живуть риби і ящірки, пристосовані до своїх екологічних ніш, так і в світі техніки досі живий, наприклад, "Фіат -124" 60-х років минулого століття (під ім'ям "Жигулі -класика")
- Багатомірність шляхів розвитку. Розглядаючи звичайну S-криву ми бачимо розвиток тільки по 1 параметру, який ми з деякою обґрунтованістю вважаємо головним. Однак в реальності розвиток систем йде одночасно і нерівномірно за кількома параметрами і S-крива (або, як показано вище, S-крива) на площині може розглядатися як проекція кривої багатомірного простору.

Висновки до розділу

а. Унікальною властивістю логістичного тренда є його здатність прогнозувати якісні (структурні) зміни в розвитку динаміки системи, що характеризуються зміною знака похідної. Особлива увага приділяється технологічним інноваціям. Основною

характеристикою процесу тут служить «технологічний розрив». Після того як технологічний розрив подолано, вкладати кошти у вдосконалення нової технології вигідніше, ніж в збереження старої.

Більшість дослідників схиляються до того, що саме на періоди депресій припадають основні інновації - технологічні і організаційні нововведення.

Пропонується висвітлення проблем аналізу еволюції технічних систем по S- кривій (S-curve). Розглядаються різні види еволюційних кривих.

Проводиться "технічний аналіз" S-кривій, розглядаються проблеми: підходів до визначення еволюціонує технічної системи, вибору параметрів, отримання та оцінки вихідних даних, трактування результатів.

Розглядаються можливі причини розбіжностей теорії з практикою.

РОЗДІЛ 2 ЗАВДАННЯ МОДЕЛЮВАННЯ ЗРОСТАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕКОНОМІКО-СОЦІАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ (СЕС) І ШВИДКОСТЕЙ ЇХ ЗМІН

2.1 Часто використовувані відомі кумулятивні моделі трендів

Певною вітчизняній науковій літературі зазвичай обмежуються розглядом лише двох найбільш відомих кумулятивних моделей трендів.

Перша з них - модель Верхульста (в іншій транскрипції Ферхюльста). Її називають ще і моделлю Перла-Ріда.

Друга найбільш відома кумулятивна траєкторія - модель Гомпертца (Гомперца).

Насправді число кумулятивних моделей, описаних в більшій мірі в зарубіжній літературі, істотно більше (його можна оцінити в кілька десятків) [15-18]. Вони пропонуються найчастіше як аналітичні або чисельні рішення відповідних диференціальних рівнянь.

На практиці вид обох моделей ЖЦП, особливо на етапах впровадження, зрілості і спаду, може бути вельми різноманітним, що залежать не тільки від зовнішніх причин, а й від прийнятих в СЕС маркетингових, технологічних рішень.

2.1.1 S-криві, породжувані диференціальних рівнянь

Загальною основою конструювання багатьох кривих зростання, логістичної і імпульсної моделей можна вважати рішення диференціальних рівнянь щодо тренда:

$$\frac{dT}{dt} = f(\alpha, \beta, \gamma, \dots, t), \quad (1)$$

де $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ – параметри (зазвичай їх число не перевищує чотирьох-шести).

Аналітичним рішенням диференціального рівняння (2.1) будемо називати то рішення, яке може бути використане для ідентифікації його параметрів без виконання таких спеціальних дій, як логарифмування або потенціювання, перехід до різницевих схем або застосування чисельних методів.

Якщо припустити в (2.1) дорівнює нулю швидкість росту (зменшення) тренда продукту $T(t)$, то отримаємо випадок динаміки без зростання:

$$\frac{dT}{dt} = 0 \Rightarrow T(t) = \alpha \quad (2)$$

Якщо швидкість росту тренда визначається параметра продукту визначити постійної, то отримаємо лінійну двопараметричну модель динаміки зростання:

$$\frac{dT}{dt} = \alpha \Rightarrow T(t) = \beta + \alpha t \quad (3)$$

Властивості моделей (2.2) і (2.3) очевидні. Перша з них тривіальна, а друга відноситься до найпростіших моделях динаміки.

При завданні відносної швидкості росту траєкторії постійної матимемо двопараметричну модель у вигляді експоненти:

$$\frac{1}{T} \frac{dT}{dt} = \gamma \Rightarrow \frac{dT}{dt} = \gamma T \Rightarrow T(t) = \exp(\beta - \gamma t) \quad (4)$$

На малюнку 2.10 показані графіки експоненційних кривих зростання при зміні величин і знаків параметрів. Тут і далі стрілками показаний зростання величин відповідних параметрів моделей.

Двопараметричного модель зростання (2.4) не відноситься безпосередньо до моделей ЖЦП в силу того, що не має точки перегину (піку), але, тим не менш, широко використовується на ранніх етапах моделювання динаміки траєкторії ЖЦП.

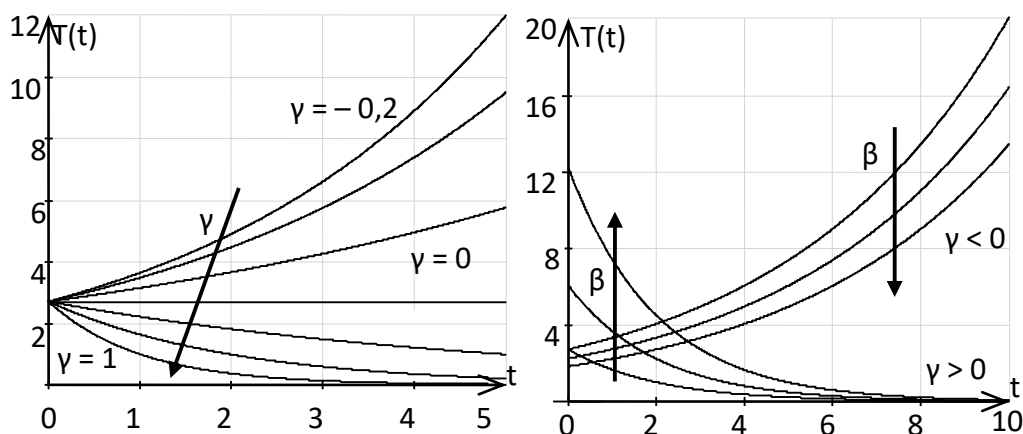


Рис. 0.1 - Вид двопараметричної експоненційної кривої зростання при зміні знаків і величин параметрів

Розширенням експоненційної моделі є узагальнена трипараметричної експоненціальна функція, відома як узагальнена експоненціальна модель (або модель зростання Броди [82]),

$$T(t) = \alpha(1 - \exp(\beta - \gamma t)). \quad (5)$$

Графіки моделі (рис.2.1), отримані при зміні величин і знаків параметрів, представлені на рисунку 2.2 **Ошибка! Источник ссылки не найден..**

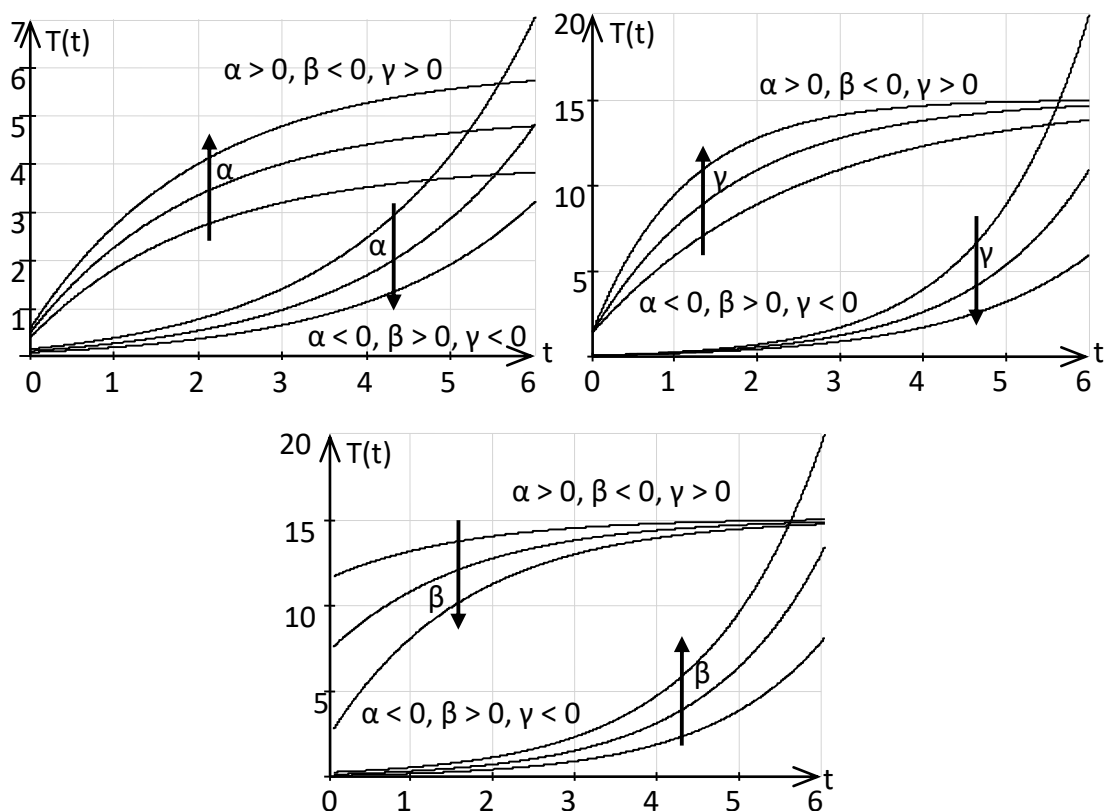


Рис. 0.1 - Вид трипараметричної узагальненої експоненціальної кривої зростання тренда при зміні знаків і величин параметрів

Окремим випадком трипараметричної узагальненої експоненціальної кривої є двопараметрична експоненціальна модель виду:

$$T(t) = \alpha(1 - \exp(-\gamma t)) \quad (6)$$

Очевидно, що моделі (4) - (6) можуть бути застосовані для соціально-економічних і технічних систем до тих пір, поки не вступили в силу фактори, що пригнічують (обмежують) зростання визначається показника СЕС. Прикладами відсутності обліку таких чинників можуть служити: модель оптимального розмноження Мальтуса (1798 г.) в демографії; перший етап розвитку організмів в біології (при певних умовах); річні світові відбори нафти в 1900-1940 рр.; динаміка числа сайтів світової мережі Інтернет в 1980-2001 рр. та ін. На практиці обмеження зростання показника присутні завжди. Вони «включаються» в процесі розвитку динаміки (наприклад, обмеження фонду свердловин при

видобутку нафти і газу, обмеження числа людей умовами проживання, харчуванням, екологією і т.д.).

Обмеження відносної швидкості росту $T(t)$ можна моделювати різними способами. Почнемо з найпростішої і широко відомої моделі обмеження у вигляді падаючої лінійної залежності. В цьому випадку рішенням диференціального рівняння буде трипараметричної логіста Верхульста:

$$\frac{1}{T} \frac{dT}{dt} = \alpha - \beta T \Rightarrow \frac{dT}{dt} = \alpha T - \beta T^2 \Rightarrow T(t) = \frac{\alpha}{1 + \exp(\beta - \gamma t)} \quad (7)$$

вид якої при зміні параметрів представлений на рис. 2.3.

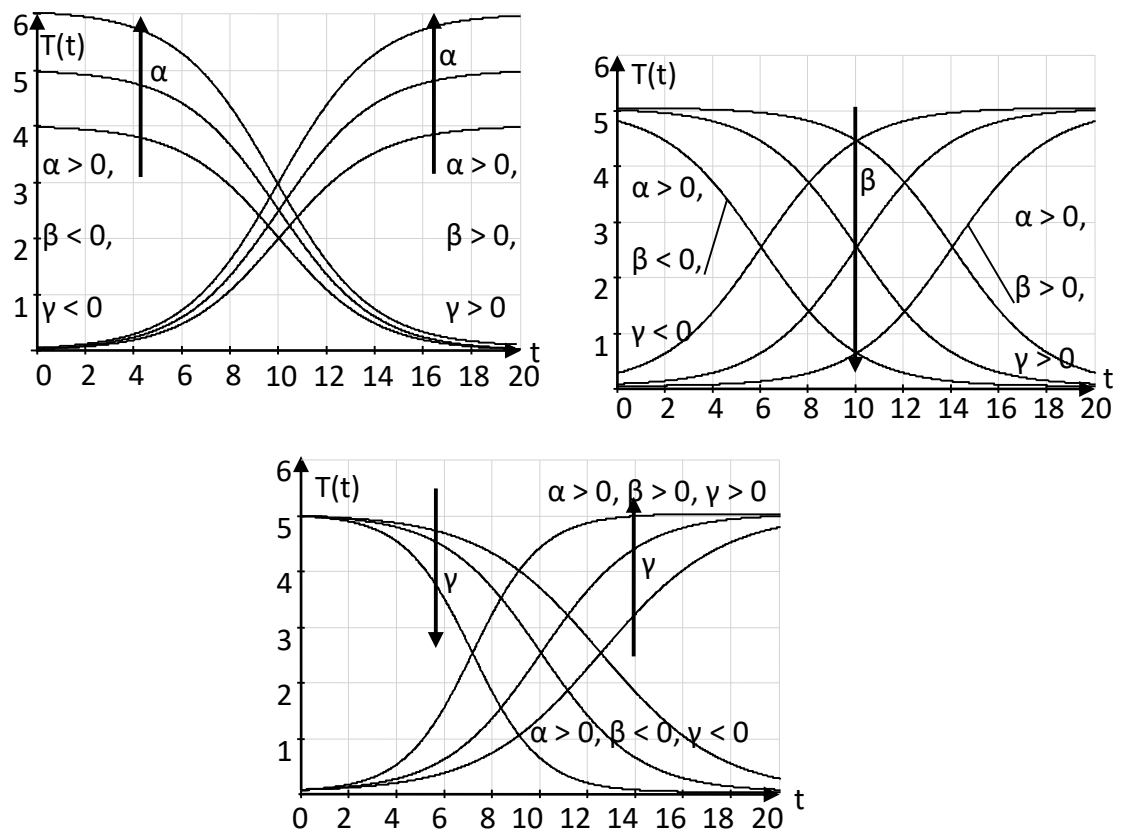


Рис 2.3 – Вид логісти Верхульста при зміні знаків і величин параметрів

Точка перегину $(t^*, T(t^*))$ логісти Верхулста, що визначається співвідношеннями $t^* = -\frac{1}{\gamma} \ln\left(\frac{1}{\beta}\right)$; $T(t^*) = \frac{\alpha}{2}$, відповідає половині рівня насичення. У цьому сенсі логіста Верхулста є симетричною.

Відомо і розширення логісти Верхулста - узагальнена логістична крива

$$T(t) = \frac{\alpha}{1 + \sum_{i=1}^m \exp(\beta_i - \gamma_i t)}, \quad (8)$$

яка використовується зазвичай при $m \leq 3$. На малюнку 2.13 представлений вид узагальненої п'ятипараметричної логістичної кривої при $m = 2$.

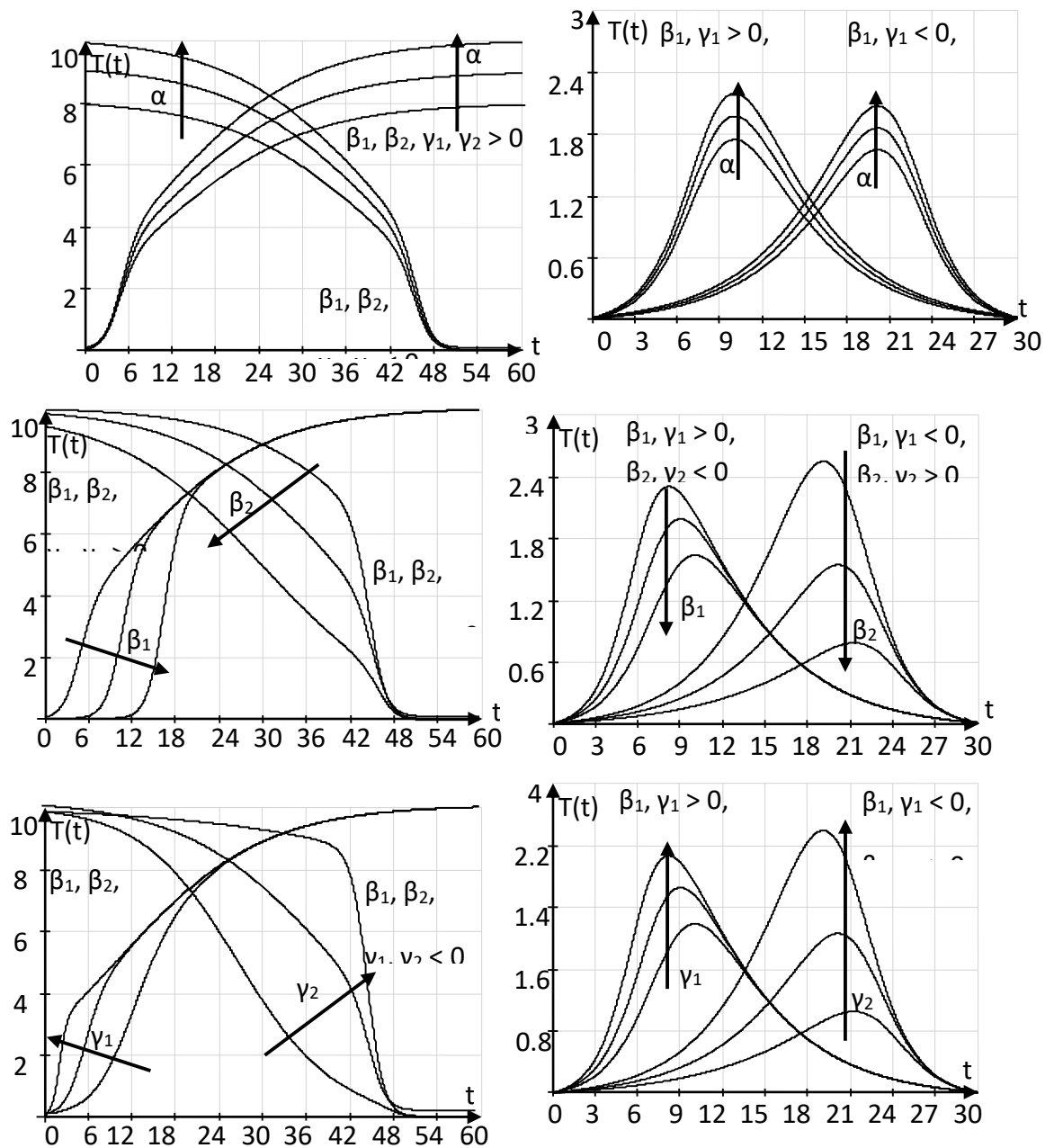


Рис. 0.4 - Узагальнена логістична крива ($m=2$) при зміні знаків і величин параметрів ($\alpha > 0$)

Відносну швидкість росту визначається змінною ЖЦП можна моделювати і трипараметричної функцією, обернено пропорційній часу (рис. 2.5):

$$\frac{dT}{Tdt} = \frac{\gamma}{t} \Rightarrow T(t) = \beta \left(\frac{t}{\alpha} \right)^{\gamma} \quad (9)$$

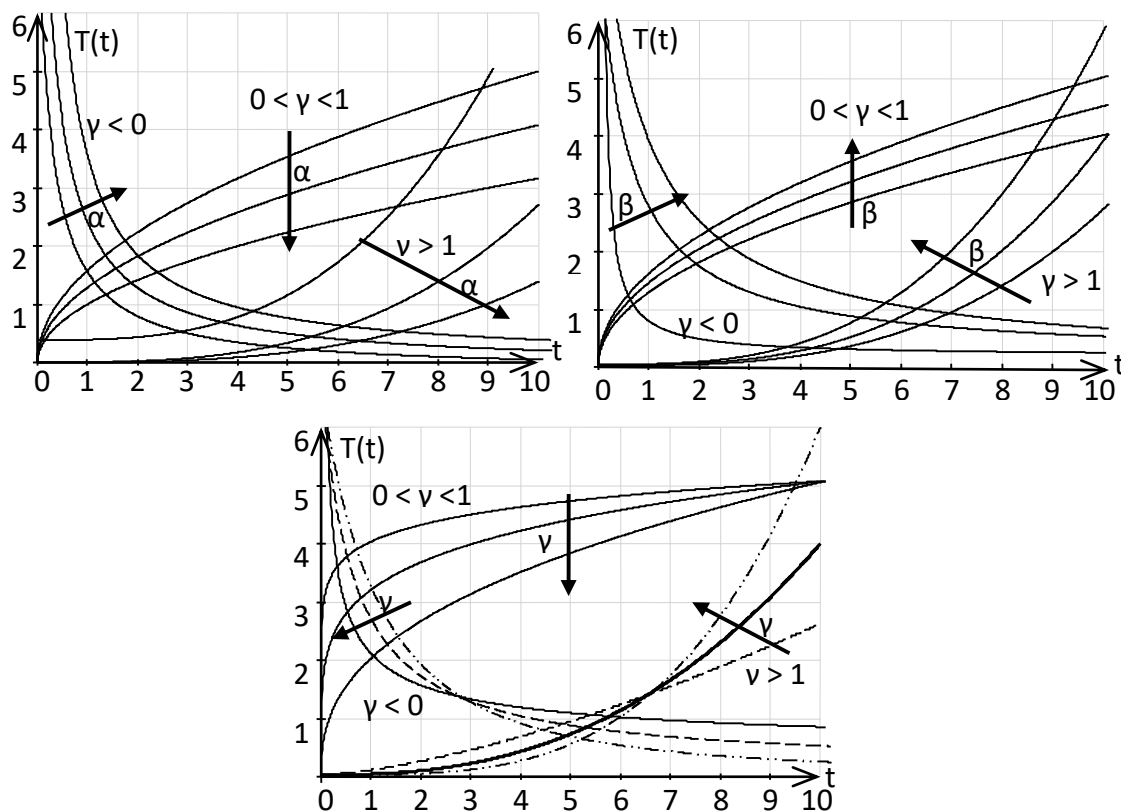


Рис. 0.5 - Графіки кривої (9) при зміні знаків і величин параметрів

Модель (9) називають аллометричного («непропорційною»). Нерівномірне зростання видобутку в часі, наприклад, має місце для початкових періодів розробки нафтових і газових родовищ, а також для кінцевих періодів, пов'язаних із закачуванням сухого газу.

Якщо ж відносну швидкість росту тренда визначити обернено пропорційній часу в позитивній системі зростання, то отримаємо трипараметричний закон Кольрауша або модель «розтягнутою у часі» експоненти:

$$\frac{dT}{Tdt} = \frac{\alpha}{t^\gamma} \Rightarrow T(t) = \beta \exp\left(\frac{\alpha(\gamma-1)}{t^{\gamma-1}}\right) \quad (10)$$

На рис. 2.6 представлений вид зміни «розтягнутою у часі експоненти» при різних значеннях параметрів.

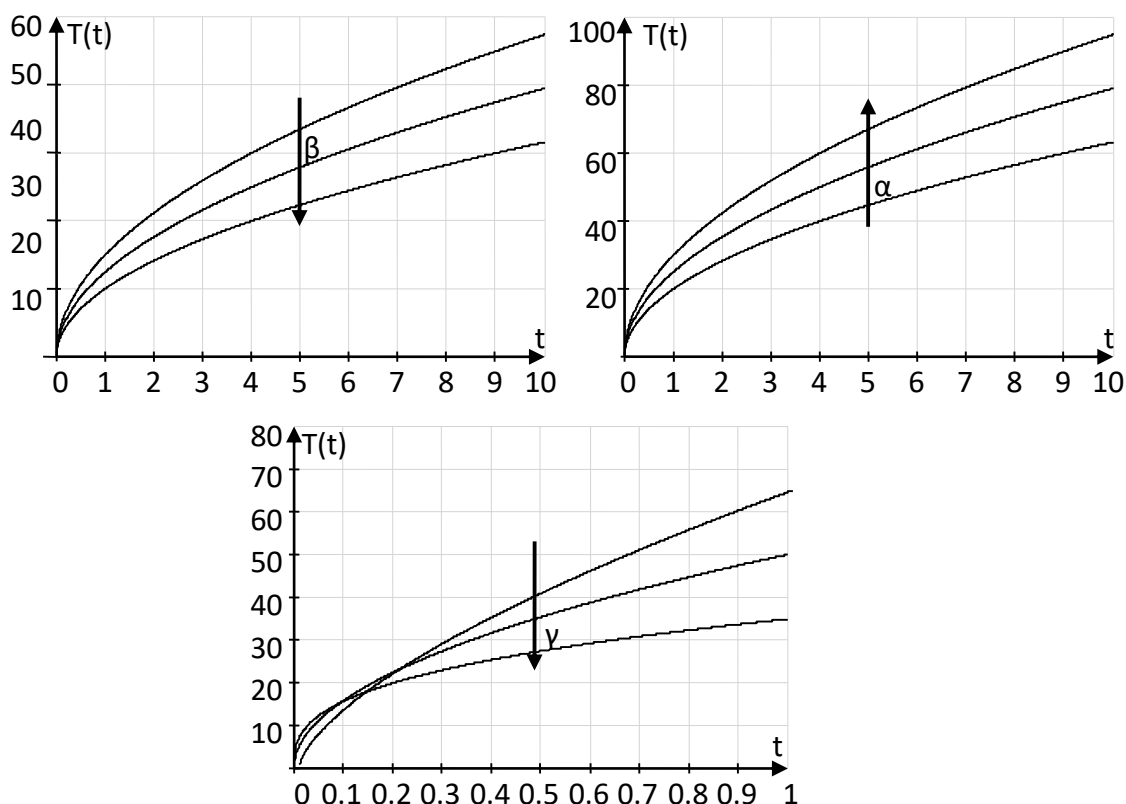


Рис. 0.6 - Вид зміни «розтягнутій за часом експоненти» (2.10) при
 зміні знаків і величин параметрів ($\alpha > 0, \beta < 0, 0 < \gamma < 1$)

Модель Кольрауша добре описує промислові дані по відбором газу на окремих ділянках і може бути рекомендована як адекватна і перевірена модель для прогнозів у разі розробки покладів. Крім того, модель Кольрауша дозволяє поглянути на розробку покладів з позицій аналізу надійності технічних систем, при якому весь інтервал «життя» системи розбивається на три періоди. Перший період, коли «коефіцієнт смертності» великий через дефекти збірки, некондиційність окремих елементів і т.д., прийнято називати періодом «підробітки». Другий період характеризується порівняно низьким рівнем «смертності» елементів (в основному через аварії або нещасних випадків), незалежних від віку системи, і називається періодом нормальної експлуатації.

І, нарешті, останній період «життя» (або експлуатації) - період старіння і зносу. Природа відмов тут - погіршення якості елементів системи.

Якщо відносна швидкість росту тренда пропорційна визначається параметром, то закон еволюції набуде вигляду трипараметричної гіперболи

$$\frac{dT}{Tdt} = \alpha T \Rightarrow T(t) = \frac{1/\alpha}{\left(\frac{1}{\alpha\beta} + \gamma\right)^{-t}} \quad (11)$$

де $\alpha > 0$, $\left(\frac{1}{\alpha\beta} + \gamma\right) = t^*$ – момент «катастрофи» (точка розриву кривої зростання).

Гіперболічний зростання є прийнятною моделлю, наприклад, для моделювання динаміки кумулятивних і імпульсних моделей відборів газу.

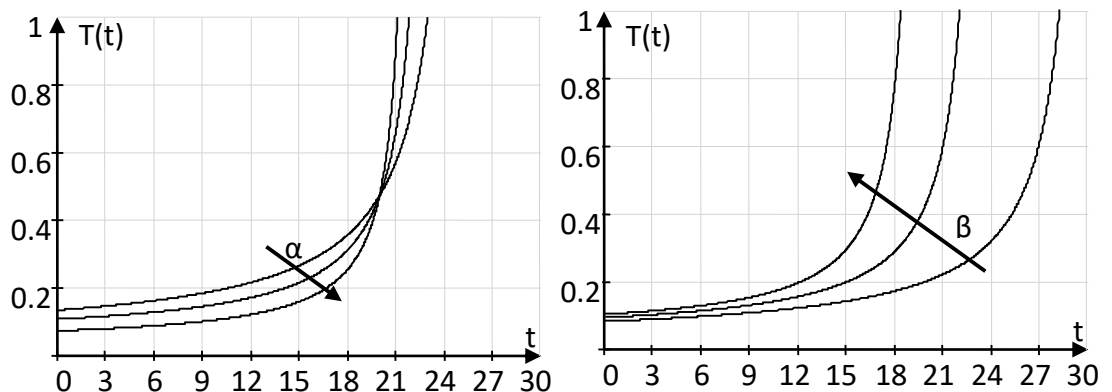
Модифікацією гіперболічної моделі, використовуваної також для моделювання відбору нафтових і газових родовищ, для довгострокового прогнозування чисельності населення на Землі і т.д., є чотирьохпараметрическая модель

$$T(t) = \frac{\alpha}{(t - \beta)^\gamma + \alpha} + g \quad (12)$$

і модель Капіці-Баренблат з використанням п'яти параметрів:

$$T(t) = \frac{\alpha}{[(t - \beta)^\gamma + \alpha]^\nu} + g \quad (13)$$

На малюнках 2.7, 2.8 і 2.9 представлені графіки зміни моделей трендів гіпербол (11), (12) і (13) відповідно.



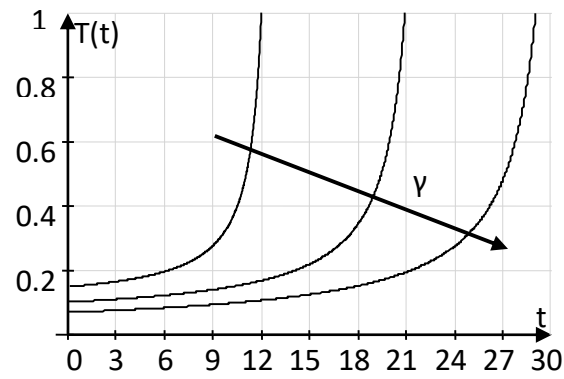


Рис. 0.7 - Вид зміни трипараметричної гіперболи (2.11) при
зміні знаків і величин параметрів ($\alpha, \beta, \gamma > 0$)

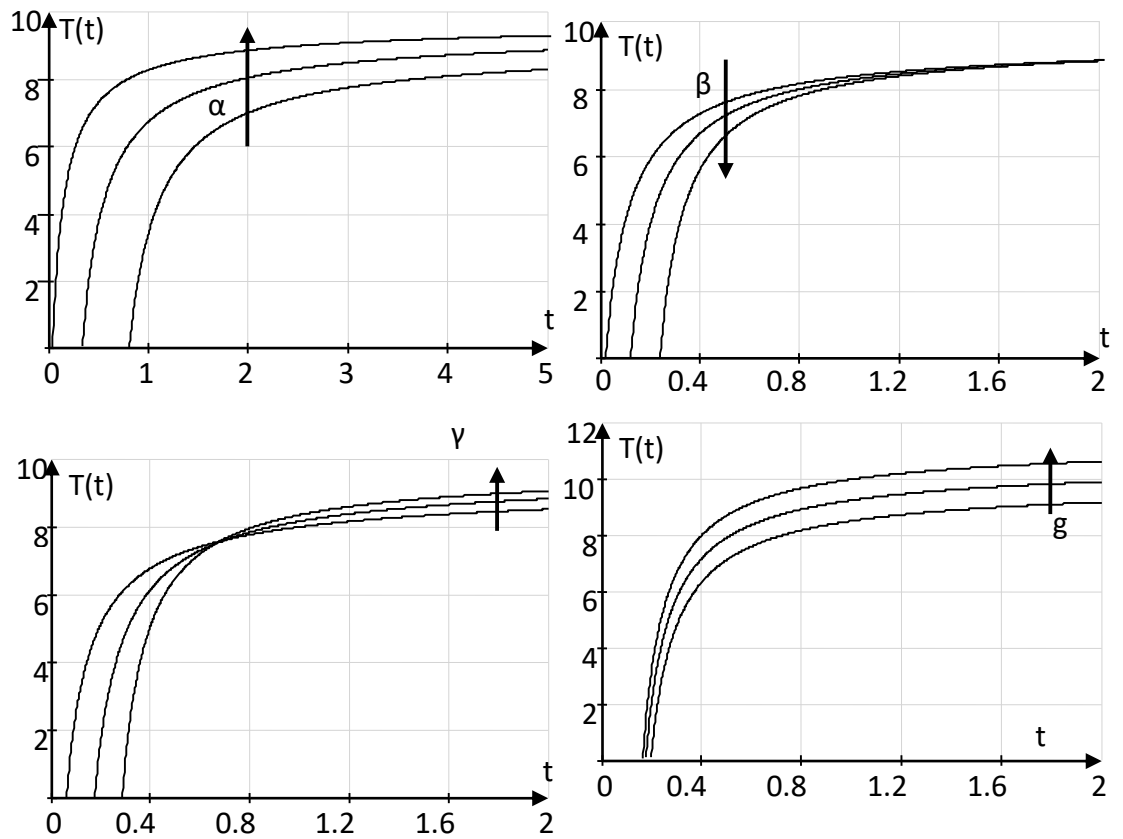


Рис. 0.8 - Графіки чотирьохпараметричної гіперболи (2.12) при зміні
знаків і величин параметрів ($\alpha < 0, \beta < 0, 0 < \gamma < 1, g > 0$)

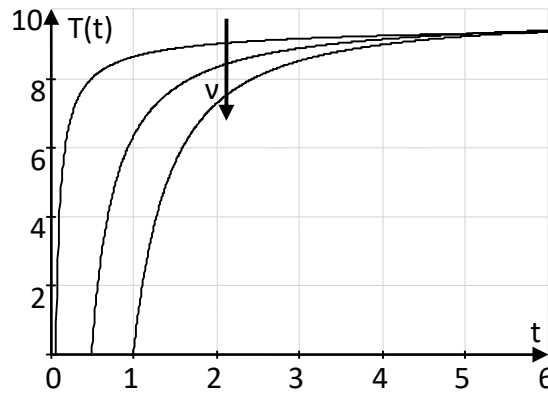


Рис. 0.9 - Графік п'ятипараметричної моделі Капіці-Баренблат
 $(\alpha < 0, \beta < 0, 0 < \gamma < 1, g > 0, \nu > 0)$

Бачимо, що на останніх трьох типах кривих зростання точка перегину відсутня, що дещо знижує їх цінність при економетричних додатках аллометричного кривої, моделей Кольрауша і гіперболічних.

Для моделей зростання (11) - (13) відзначимо, що в відомій літературі не знайдені відомості щодо методів їх ідентифікації і досягається точності моделювання і прогнозування. Наближення модельних і реальних даних ілюструвалося в них лише малюнками, що вказують на їх схожість без приведення числових характеристик точності.

Відома і модель з трьома параметрами при експоненційному обмеження відносного зростання тренда з рішення наступного диференціального рівняння.

$$\frac{dT}{Tdt} = \gamma \ln\left(\frac{A}{T}\right) \Rightarrow T(t) = A \exp\left(-\frac{\alpha}{\gamma} e^{-\gamma t}\right) \quad (14)$$

Тренд (14) називається моделлю Гомпертца (рисунок 2.10), яка, на відміну від моделі Верхула, асиметрична (зміщена вліво) в своїй точці перегину щодо

половини рівня насичення: в даному випадку $T(t^*) = \frac{A}{e}$.

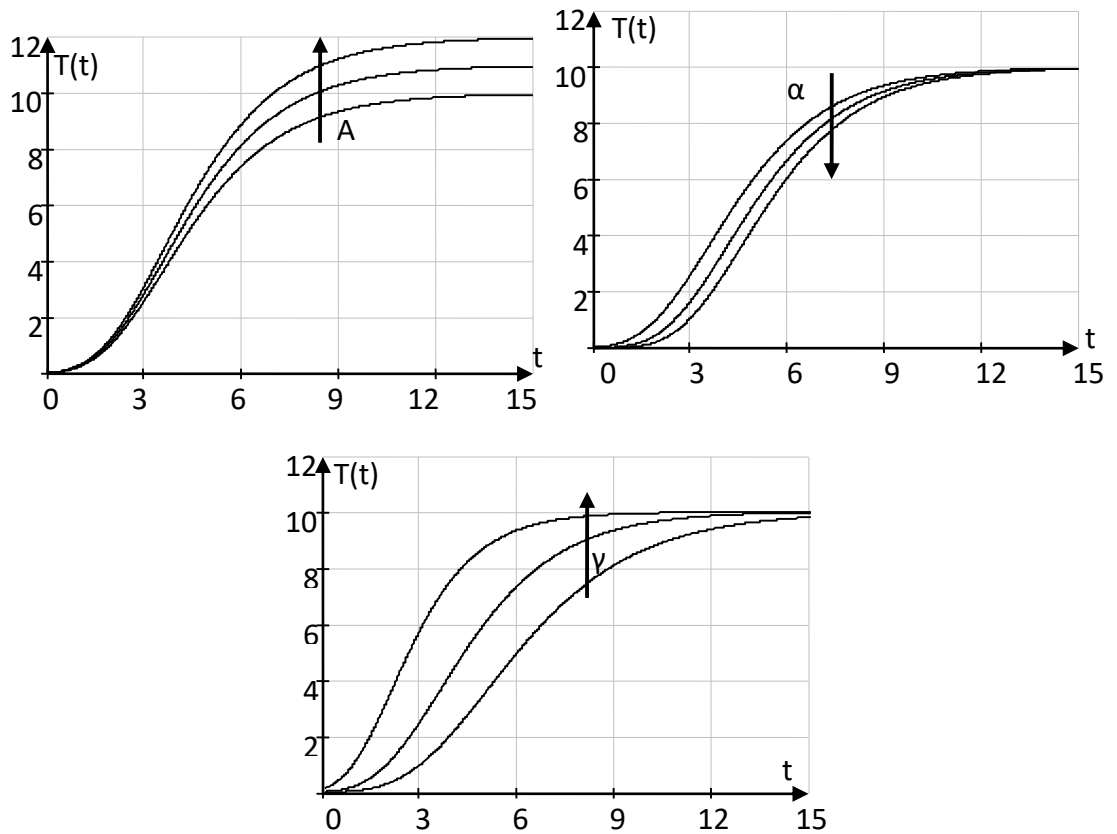


Рис. 0.10 - Вид логісти Гомпертца при зміні знаків і величин параметрів ($A > 0, \alpha > 0, 0 < \gamma < 1$)

Модель Гомпертца широко використовується в економічній практиці, наприклад, для споживчих товарів тривалого користування. Її записують іноді і в іншій формі:

$$T(t) = AB^{C^t} \quad (15)$$

У еквівалентності форм (14), (15) логісти Гомпертца можна переконатися, прологарифміровав їх і порівнявши результати (з урахуванням позначень).

$$T(t) = Ae^{-\frac{\alpha}{\gamma}e^{-\gamma t}} = e^{\ln A + e^{\ln\left(-\frac{\alpha}{\gamma}\right) - \gamma t}} \Rightarrow \ln(\ln T - \ln A) = \ln\left(-\frac{\alpha}{\gamma}\right) - \gamma t$$

$$T(t) = AB^{C^t} \Rightarrow \ln(\ln T - \ln A) = \ln \ln B + t \ln C$$

Отже:
$$\begin{cases} -\frac{\alpha}{\gamma} = \ln B \\ \ln C = -\gamma \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \gamma = -\ln C \\ \alpha = \ln B \ln C \end{cases}$$

Точка перегину для моделі (14) та ж, що і для моделі (15), з урахуванням переобозначення параметрів:

$$T(t^*) = \frac{A}{e}, \quad t^* = \frac{\ln\left(-\frac{1}{\ln(B)}\right)}{\ln C}.$$

Відома і ще одна модель логістичної динаміки, близька за формою записи з логісти Гомпертца:

$$T(t) = A_1 \exp\{A_2(1 - \exp(-\alpha_1 t))\} \quad (16)$$

Для моделі (16) можна виконати перетворення:

$$T(t) = A_1 e^{A_2(1 - e^{-\alpha_1 t})} = e^{A_2 + \ln A_1 + e^{\ln(-A_2) - \alpha_1 t}} \Rightarrow \ln(\ln T - A_2 - \ln A_1) = \ln(-A_2) - \alpha_1 t.$$

Тоді координати точки перегину визначають співвідношення:

$$T(t^*) = \frac{A_1}{e^{1-A_2}}, \quad t^* = -\frac{\ln\left(\frac{1}{A_2}\right)}{\alpha_1}.$$

Дана модель буде симетричною при значенні $A_2 = 1 - \ln(2) \approx 0,307$. При значенні $A_2 < 0,307$ модель буде зміщена вліво, а при $A_2 > 0,307$ – вправо в своїй точці перегину щодо половини рівня насичення. Рівень насичення дорівнюватиме $e^{A_2 + \ln A_1}$, а початкове значення $T(0) = A_1$.

На рисунку 2.11 представлені графіки функції (16).

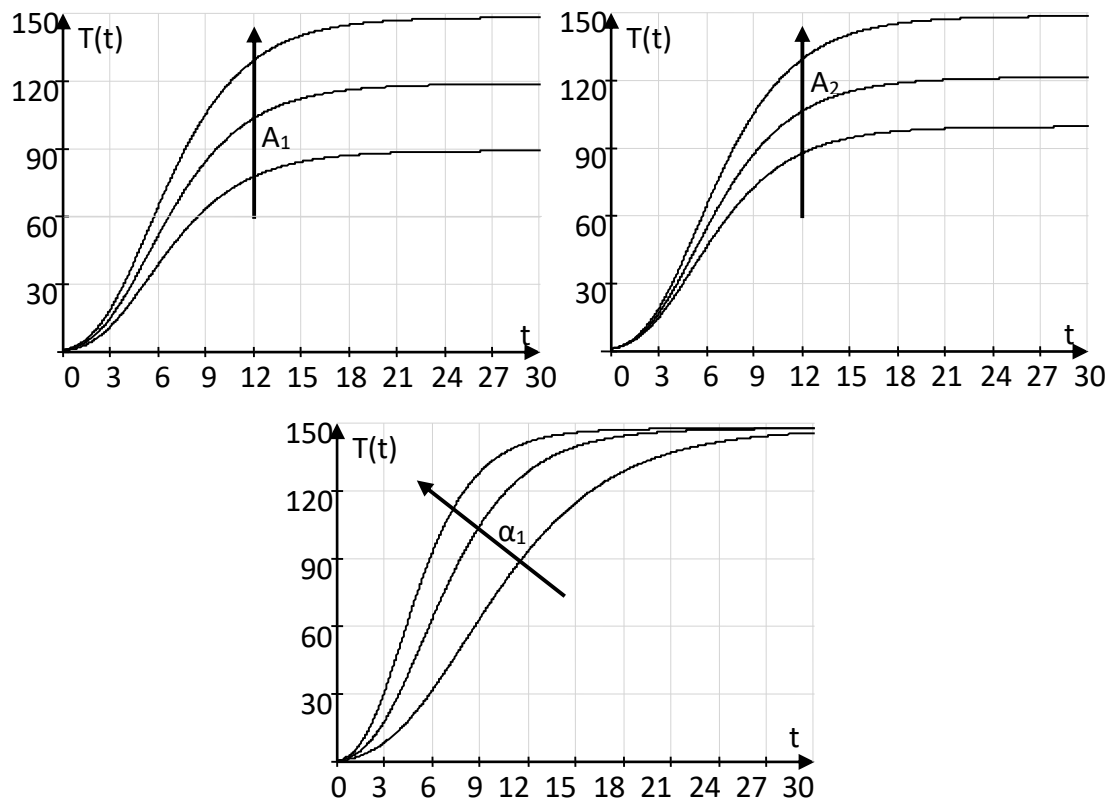


Рис. 0.11 - Графіки функції (16) при зміні величин параметрів ($A_1 > 0$, $A_2 > 0$, $0 < \alpha_1 < 1$)

Властивість асиметричності моделей ЖЦП є практично важливим: багато процесів реальної логістичної динаміки володіють цією властивістю, причому асиметрія може бути як лівої, так і правої.

Симетрія ЖЦП в більшій мірі характерна для явищ і процесів з неживої природи і техніки. Асиметрія переважно відноситься до живої природи, а також до соціальних (в широкому сенсі - розуміються не тільки людські спільноти, а й рослин, тварин) явищ і процесів.

Існують і моделі логіст, що задаються диференціальними рівняннями, які не мають аналітичного рішення. При цьому безперервний випадок замінюється дискретним за схемою Ейлера:

$$T_{k+1} = H(T_k, \Theta) \quad (17)$$

де H – нелінійна в загальному випадку функція, Θ – вектор параметрів моделі.

У такій постановці очевидно, що параметром є і початкове значення T_0 , на основі якого і здійснюється перерахунок дискретного ряду.

До таких моделей відноситься і двопараметричного логіста Флойда з іншим законом обмеження відносного зростання тренда (рис. 2.12 **Ошибка! Источник ссылки не найден.**), одержувана з рішення наступного рівняння

$$\frac{dT}{Tdt} = \alpha \left(1 - \frac{T}{A_0} \right)^2. \quad (18)$$

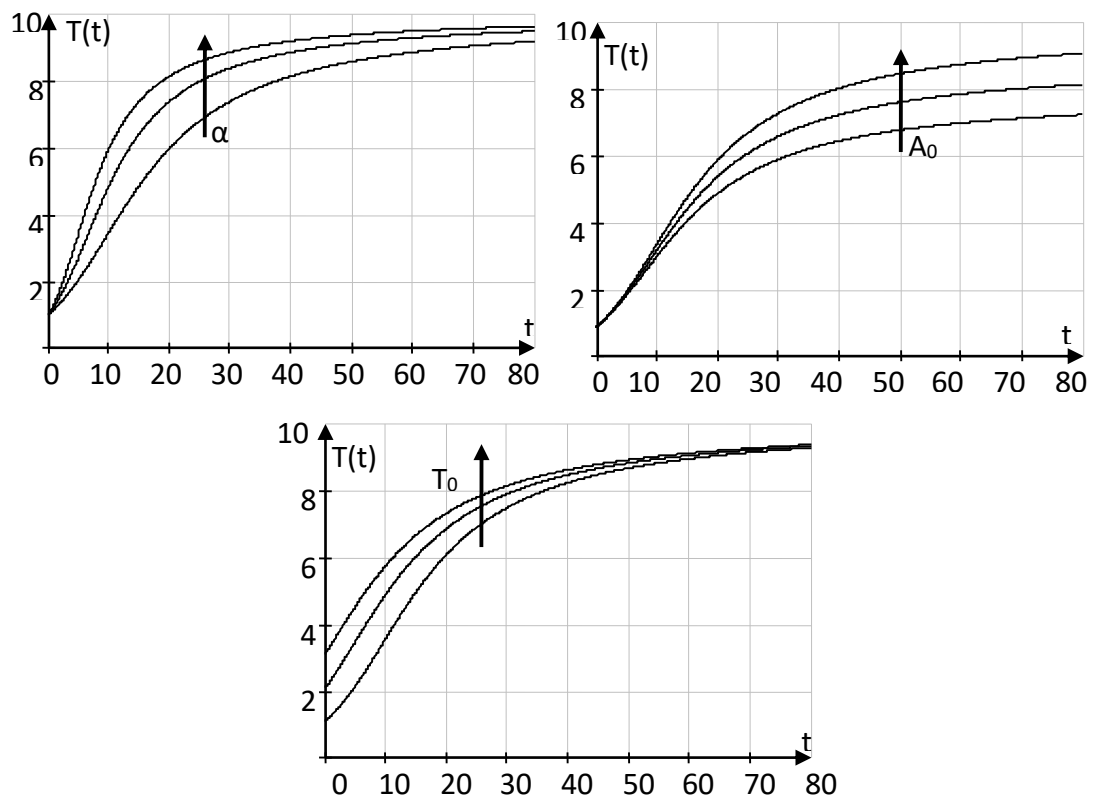


Рис. 0.12 - Вид моделі Флойда при зміні параметрів
($T_0 > 0, A_0 > 0, 0 < \alpha < 1$)

Ордината перегину логісти Флойда дорівнює $T(t^*) = \frac{A_0}{3}$, тобто модель Флойда асиметрична вліво щодо половини рівня насичення.

Рішення диференціального рівняння

$$\frac{dT}{dt} = (\alpha T + p) \cdot \left(1 - \frac{T}{A_0}\right)^\nu, \quad \nu \geq 1 \quad (19)$$

дає чотирехпараметрическую логісту Джеуланда-Долана з лівого точкою перегину (рис. 2.13 **Ошибка! Источник ссылки не найден.**):

$$T(t^*) = \frac{A_0 \left(1 - \frac{\nu p}{\alpha}\right)}{1 + \nu}.$$

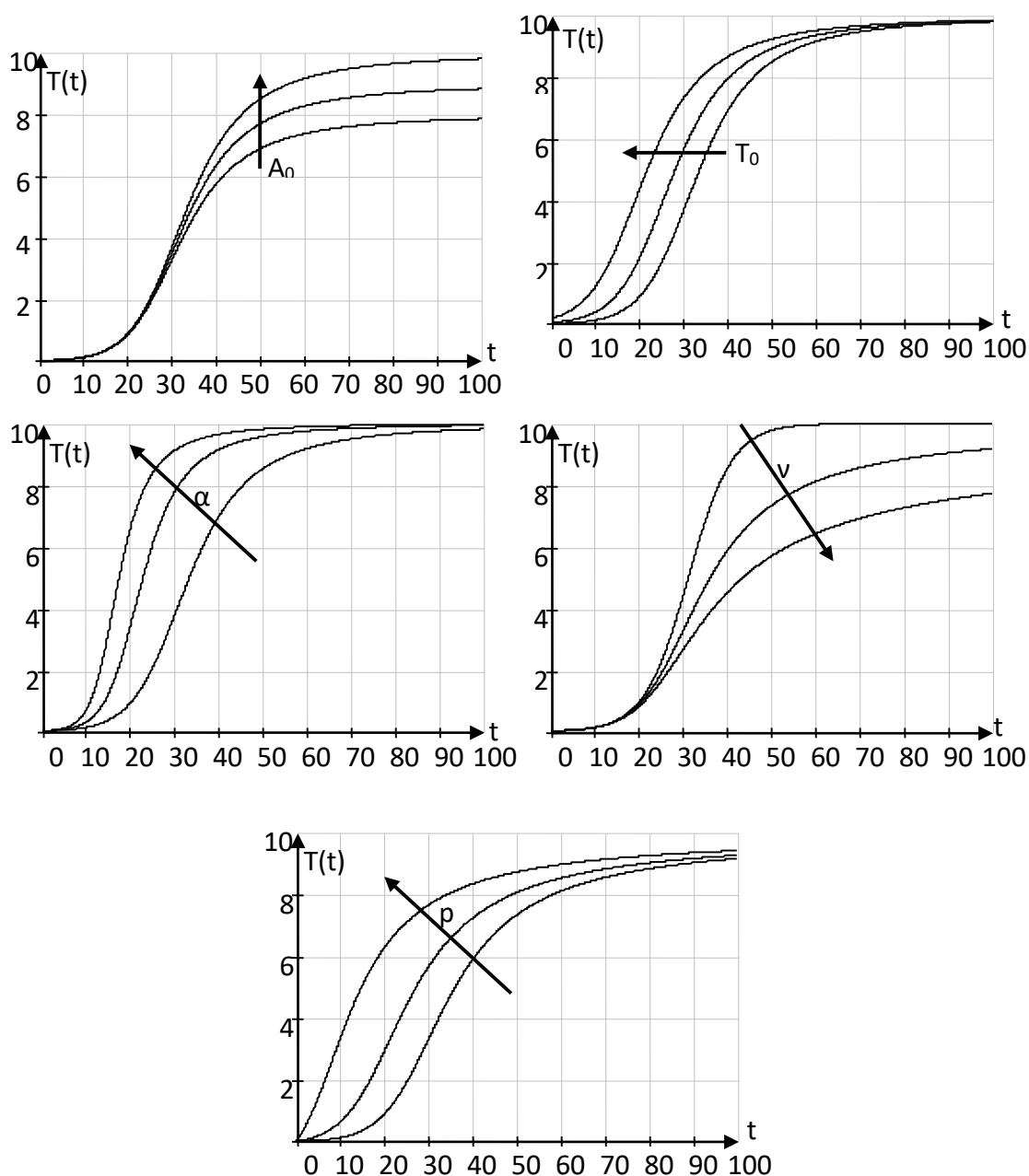


Рис. 0.13 - Графіки логісти Джеуланда-Долана при зміні величин параметрів ($T_0 > 0$, $A_0 > 0$, $0 < \alpha < 1$, $\nu > 0$, $p > 0$)

2.1.2 Феноменологічні моделі логістичних кривих зростання

Почнемо з моделі у вигляді суми двох логіст Верхулста, що дає відому бі-логістичну аддитивну шестіпараметрическую модель:

$$T(t) = \frac{\alpha_1}{1 + \exp(\beta_1 - \gamma_1 t)} + \frac{\alpha_2}{1 + \exp(\beta_2 - \gamma_2 t)}. \quad (00)$$

Модель у вигляді суми двох логіст може відповідати випадку паралельного розвитку двох логістичних процесів в СЕС.

Наприклад, другий логістичний процес частіше починається в момент досягнення першим логістичним процесом 50% і більше відсотків зростання, або коли вони починаються практично одночасно, але динаміка зростання різна.

Як сумміруємих логіст можуть, мабуть, виступати і інші розглянуті вище логістичні моделі: питання в значній мірі залежить від можливості ідентифікації параметрів таких моделей з необхідною точністю. При цьому умови можна погодитися із твердженням про те, що складні системи можуть моделюватися і більш ніж двома логістами.

Можна, мабуть, розраховувати і на використання моделі, що формується перемноженням логіст Верхулста. Її можна по аналогії з попередньою моделлю назвати і бі-логістичної мультиплікативної шестіпараметрической моделлю:

$$\begin{aligned} T(t) &= \frac{\alpha_1 \alpha_2}{\{1 + \exp(\beta_1 - \gamma_1 t)\} \{1 + \exp(\beta_2 - \gamma_2 t)\}} = \\ &= \frac{\alpha_1 \alpha_2}{1 + \exp(\beta_2 - \gamma_2 t) + \exp(\beta_1 - \gamma_1 t) + \exp\{(\beta_2 + \beta_1) - (\gamma_2 + \gamma_1)t\}}. \end{aligned} \quad (01)$$

Цікавим є порівняння графіків вихідної логісти Верхулста, бі-логістичних адитивної і мультиплікативної кривих при однакових значеннях параметрів.

Графіки, наведені на малюнках (14), (15), (16) показують велику різноманітність утворюються у своїй моделей ЖЦП і можливість використання їх, особливо мультипликативної на рис. (14) і адитивної на рис. (15) **Ошибка!**

Источник ссылки не найден..

Дві точки перегину утворюються від взаємодії двох логіст: абсциси

$$t_1^* = \frac{\beta_1}{\gamma_1}, \quad t_2^* = \frac{\beta_2}{\gamma_2}$$

залишаються колишніми, а ординати змінюються таким чином (нерівні половині рівня насичення кожної з логіст):

в разі бі-логістичної адитивної моделі матимемо:

$$T^*(t_1^*) = \frac{\alpha_1}{2} + \frac{\alpha_2}{e^{\beta_2 - \gamma_2 \left(\frac{\beta_1}{\gamma_1} \right)}}, \quad T^*(t_2^*) = \frac{\alpha_2}{2} + \frac{\alpha_1}{e^{\beta_1 - \gamma_1 \left(\frac{\beta_2}{\gamma_2} \right)}},$$

а для бі-логістичної мультипликативної моделі отримаємо:

$$T^*(t_1^*) = \frac{\alpha_1 \alpha_2}{2 \left(e^{\beta_2 - \gamma_2 \left(\frac{\beta_1}{\gamma_1} \right)} + 1 \right)}, \quad T^*(t_2^*) = \frac{\alpha_1 \alpha_2}{2 \left(e^{\beta_1 - \gamma_1 \left(\frac{\beta_2}{\gamma_2} \right)} + 1 \right)}.$$

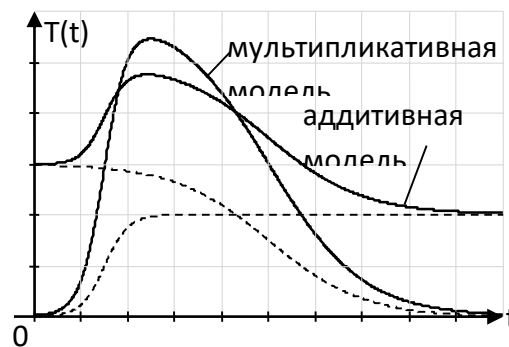


Рис. 0.14 - Випадок взаємодії зростаючої і падаючої логіст Верхулста

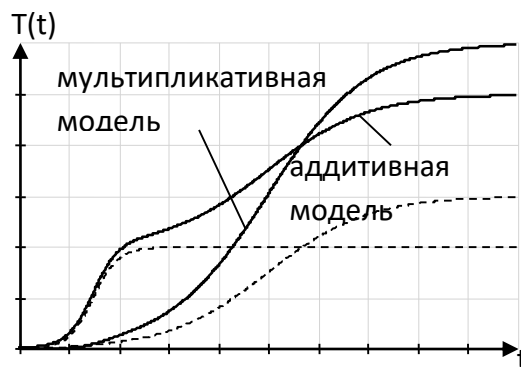


Рис. 0.15 - Випадок взаємодії двох зростаючих логіст Верхулста

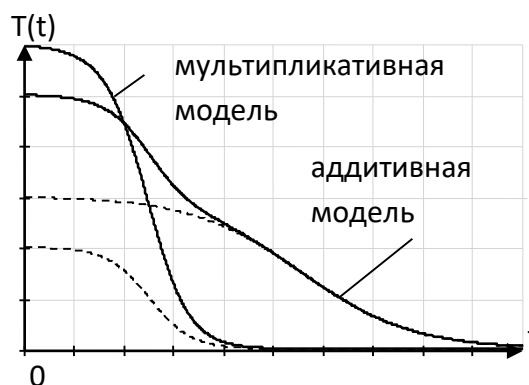


Рис. 0.16 - Випадок взаємодії двох падаючих логіст Верхулста

Відзначимо, що на практиці використовують і модифікації функції Верхулста з іншими підставами показовою функції в знаменнику (зокрема з основою 10), (рис. 2.17 **Ошибка! Источник ссылки не найден.**):

$$T(t) = \frac{A_0}{1 + A_1 a^{-\gamma t}},$$

де $a > 0, a \neq 1$.

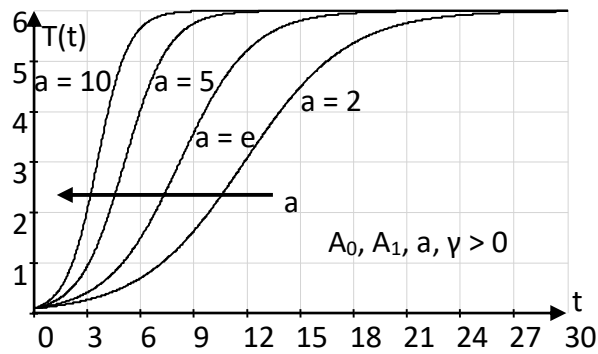


Рис. 0.17 - Зміна підстави показовою функції

Проблемною є точність ідентифікації при спробі використання шестипараметричної прямо пропорційною мультиплікативної моделі на основі моделі Верхульста:

$$T(t) = \frac{\alpha_1}{1 + \exp(\beta_1 - \gamma_1 t)} \left(1 + \frac{\alpha_2}{1 + \exp(\beta_2 - \gamma_2 t)} \right) =$$

$$= \frac{\alpha_1}{1 + \exp(\beta_1 - \gamma_1 t)} + \frac{\alpha_1 \alpha_2}{\{1 + \exp(\beta_1 - \gamma_1 t)\} \{1 + \exp(\beta_2 - \gamma_2 t)\}}$$

і відомого [63] узагальнення моделі Капіци-Баренблат, що містить 14 параметрів:

$$T(t) = \left[\frac{\alpha_1}{[(t - \beta_1)^{\gamma_1} + d_1]^{\nu_1}} + q_1 \right] \mathcal{G}_1 + \left[\frac{\alpha_2}{[(t - \beta_2)^{\gamma_2} + d_2]^{\nu_2}} + q_2 \right] \mathcal{G}_2$$

Разом з тим, досить простий, але цікавою для додатків представляється трипараметричної логістична крива Басса [79], яка визначається результатом поділу двох експоненціальних функцій:

$$T(t) = \alpha \frac{1 - \exp(-\gamma t)}{1 + \beta \exp(-\gamma t)} \quad (02)$$

Її вигляд при зміні параметрів моделі представлений на малюнку 2.18 **Ошибка! Источник ссылки не найден.:**

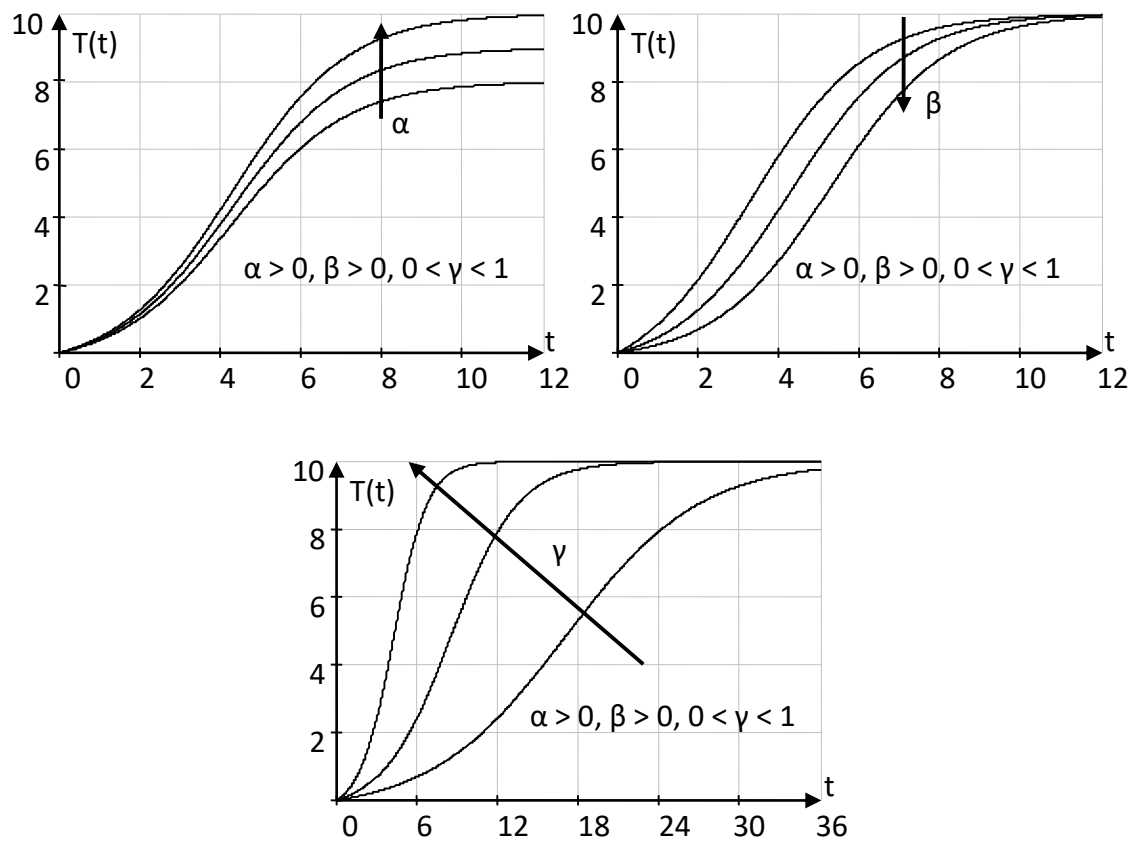


Рис. 0.18 - Вид трипараметричної логістичної кривої Басса при зміні величин параметрів

Координати точки перегину для даної асиметричною моделі логістичного тренда визначаються співвідношеннями

$$T(t^*) = \frac{\alpha}{2} \left(1 - \frac{1}{\beta} \right), \quad t^* = -\frac{1}{\gamma} \ln \left(\frac{1}{\beta} \right).$$

Відома і «класична» запис моделі Басса (23), в якій прийняті позначення

$$\alpha = 1, \quad q + p = \gamma, \quad \frac{q}{p} = \beta :$$

$$T(t) = \frac{1 - \exp(-(q + p)t)}{1 + \frac{q}{p} \exp(-(q + p)t)}.$$

(03)

Істотно новими властивостями по відношенню до розглянутих вище моделей в своєму розвитку має асиметрична «затримана» двопараметричного логістична крива Рамсея

$$T(t) = \alpha \{1 - (1 + \gamma t) \exp(-\gamma t)\} \quad (04)$$

вид якої при зміні параметрів представлений на малюнку 2.19.

Бачимо, що логіста Рамсея (24) має точку перегину з координатами $t^* = \frac{1}{\gamma}$,
 $T(t^*) = \alpha \left(1 - \frac{2}{e}\right) \approx 0,27\alpha$, тобто володіє лівої асиметрією: $0,27\alpha \neq 0,5\alpha$

Відзначимо, що логіста в цьому випадку виходить з початку координат, тобто реалізація (попит) продукту в початковий момент часу дорівнює нулю, що не завжди адекватно практиці.

Двопараметрична модель (24) не дозволяє розраховувати на широкі функціональні можливості для моделювання реального різноманіття кривих ЖЦП.

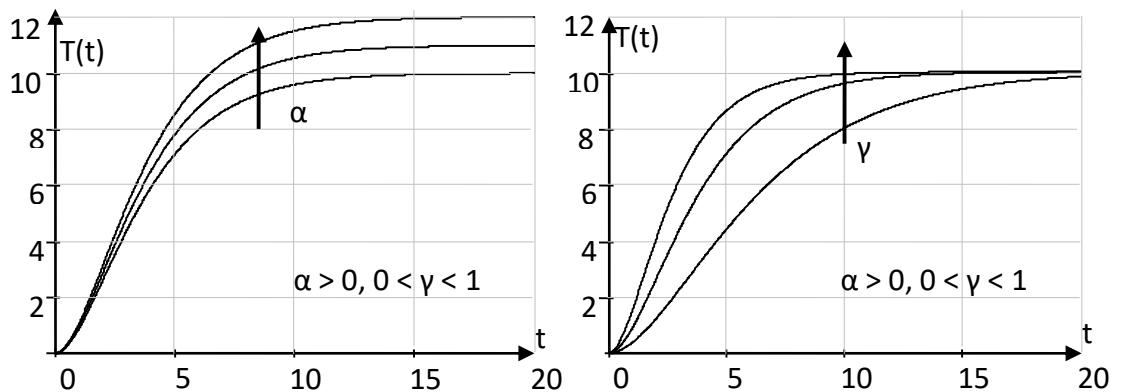


Рис. 0.19 - Логістична крива Рамсея при зміні її параметрів

З (24) бачимо, що принципово новим властивістю кривої Рамсея, на відміну від усіх розглянутих вище кумулятивних логістичних моделей, є відсутність нелінійних операцій над експоненційної функцією: поділу, як у функціях

Верхулста і Басса, або зведення в ступінь, як у функції Річардса, або взяття логарифма, як у функції Гомпертца.

Про перевагу тих чи інших кривих зростання або кумулятивних логістичних моделей навіть при такому досить опрацьований «атласі» моделей в кожному конкретному додатку судити важко.

Вибір моделі може бути обумовлений вже склалася історією застосування моделі, порівнянням критеріїв точності моделювання і / або прогнозування, зверненням до комплексного критерію точності.

Економетрична практика показала, що більше застосування мають в даний час логістичні моделі з трьома параметрами, запропоновані методи ідентифікації дозволяють розраховувати на використання моделей з чотирма-п'ятьма параметрами, а метод параметричної ітераційної ідентифікації дозволить аналізувати мультілогістическі моделі і «включати» в модель зростання додаткові трендові і коливальні компоненти.

Критерієм вибору може бути також адекватність відтворення моделлю з необхідною повнотою всіх характеристик траєкторії, істотних для мети моделювання, передбачуване наявність точки перегину (точки «не розширюється попиту»), її можлива симетрія або асиметрія.

У ряді випадків (покажемо це нижче на прикладі ЖЦП типу «фетиш») виправданий для підвищення можливості класифікації або підвищення точності ідентифікації перехід від імпульсних моделей до кумулятивних. Можливий, мабуть, і зворотний перехід.

2.2 Історія S-подібної кривої

2.2.1 Походження логістичної кривої і її основна концепція

Логістична функція як модель зростання населення була вперше введена бельгійським математиком П'єром Франсуа Верхульстом (1804-1849) в 1838 році. Верхульст вивів свій логістичний рівняння після того, як прочитав «Есе про принцип і народо-населення» англійського демографа і політолога Томаса Мальтуса (1766-1834).

Логістичне рівняння було введено для опису самообмежуються зростання населення. Це рівняння іноді називають рівнянням Верхульста-Перла за його повторного відкриття в 1920 році американським зоологом і одним із засновників Біометрії Раймонда Перла (1879-1940).

Напочатку 20-го століття Альфред Джеймс лотка з Університету Джона Хопкінса, США і Віто Вольтерра з Римського університету, Італія, що працює незалежно, але паралельно, узагальнили рівняння зростання Верхульста для моделювання конкуренції серед різних видів. Модель Вольтерра-Лотки, також відома як рівняння хижак-жертва, відкрила шлях до ефективного управління конкуренцією в області біології, екології та технологій. Сьогодні ця модель часто використовується для опису динаміки систем.

Розрізняють різні вила конкуренцій [40]:

- конкуренція одного виду за ресурси;
двох конкурентів: чиста конкуренція (втрата-втрата),
хижак-жертва (перемога-втрата), симбіоз (безпрограшний), паразитичний (несприйнятливий до перемоги), симбіотический (байдужий до втрат) і ніякої конкуренції;
- багатьох конкурентів одночасно.

Наприклад, популяція бактерій зростає в закритій мисці з бульйоном. Швидкість хімічних речовин в бульйоні до трансформації бактерій пропорційна кількості присутніх бактерій і концентрації трансформованого хімічного речовини.

Таким чином, рівняння Верхульста для цього конкретного випадку можна записати:

$$\frac{dN}{dt} = aN \frac{(M - N)}{M} \quad (25)$$

де $N(t)$ - кількість бактерій в момент часу t ; M - кількість трансформованих хімікатів при $t = 0$ (початок росту); a - параметр, що представляє взаємодія між конкурентами.

Рішення рівняння (25) як логістичної:

$$N(t) = \frac{M}{1 + e^{-(at+b)}} \quad (26)$$

Де, b - постійна, локалізується процес у часі.

Закон природного зростання протягом певного періоду часу може бути описаний через періоди народження, зростання, зрілості, занепаду і смерті для будь-якої системи. Цей набір періодів часто називають життєвим циклом системи.

Колоколообразная крива зазвичай застосовується в якості шаблону для подання швидкості росту протягом певного проміжку часу (рис. 2.20). Беручи до уваги, що кумулятивне зростання (сукупна кількість «одиниць» до будь-яких заданих моментів часу) слід за S-кривою. Таким чином, S-подібна крива стала візуальним символом кумулятивного зростання. Найпростіша математична функція, яка виробляє S-криву, називається логістичною.

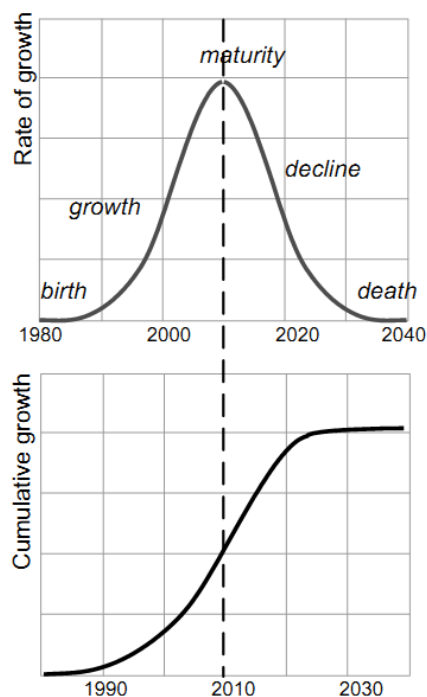


Рис. 2.20 - Життєвий цикл колоколообразной кривої і S-кривої кумулятивного зростання.

Деякі висновки з практики.

Метою нашого дослідження є поліпшення процесу прогнозування нових технологій і якості виробленого прогнозу. Потім ми застосовуємо наступні основні припущення:

- обмеженість ресурсів сприяє розвитку будь-якої технології;
- таким чином, майбутнє технології може бути відображено з використанням знань про мізерних ресурсах;
- застосування закону природного зростання з логістичної S-кривої, виконаної обчислюваності чином, може внести істотний внесок в точність довгострокового прогнозу.

2.2.2 Деякі приклади застосування S-кривих

Існує безліч прикладів застосування S-кривих для вивчення майбутнього складних систем. В рамках даної роботи неможливо привести навіть основні. Наприклад, в Міжнародному інституті прикладного системного аналізу (IIASA3, Лаксенбург, Австрія) логістичні S-криві були застосовані протягом останніх 35 років для досліджень

- майбутнього первинних джерел енергії
- еволюції сільськогосподарських технологій
- заміни транспортних систем
- розвитку відкриттів
- розробки винаходів і поширення інновацій
- трансформації авіаційної промисловості
- макро- і мікроекономічні тренди
- зростання злочинності і тероризму
- екологічних змін і проблем
- еволюції телекомунікаційних систем
- для багатьох інших.

У звичайній практиці прогнозування та стратегічного планування S-образні криві входять як модульні компоненти в багато методи і технічні прийоми. Таблиця 1 підсумовує спостерігається застосування S-кривих як частина різних прогнозів.

Вивчення застосування S-кривих, узагальнене в таблиці 2.1, показує, що вони найчастіше застосовуються для аналіз минулих даних з метою виявлення нових тенденцій і підтвердження відомих.

З практичної точки зору, за результатами різних досліджень, процеси поширення новинок, заміна систем і конкурентний зростання підкоряються одному і тому ж закону природного зростання. Завдяки своїм фрактальним аспектам [10] Закон природного зростання може застосовуватися практично для

будь-якого масштабу і складності систем від елементарних частки до еволюції зірок і придбання знань.

Таблиця 2.1

1) Назва методу:	Природа і застосування:
2) Аналіз впливу тренда [34]	Кількісний. Для екстраполяції раніше зібраних даних
3) Техніка підбору кривої [34]	Якісний і кількісний. Для прогнозування критичних змінних в рамках методу «Індекс стану майбутнього» (SOFI)
4) Моделювання рішень на основі Фішера і Прай модель (1971)	Кількісне. Для вивчення ринку, технологічних, соціальних динаміка заміщення
5) Статистичне моделювання. Аналіз часових рядів як частина підгонки кривої [33, с.577-595]	Якісний і кількісний. Для екстраполяції тренда
6) Text Mining для технологічного прогнозу [35, с.194-197]	Кількісне. Для аналізу щорічних публікацій, для обґрунтування інформаційних тенденцій
7) Аналіз життєвого циклу в рамках стратегічного аналізу	Якісний. Визначити етап розвитку системи
8) Теорія дифузії інновацій [26]	Якісний і кількісний

Два джерела прогнозу: темпи зростання і сукупна кількість публікацій ТРИЗ [40].

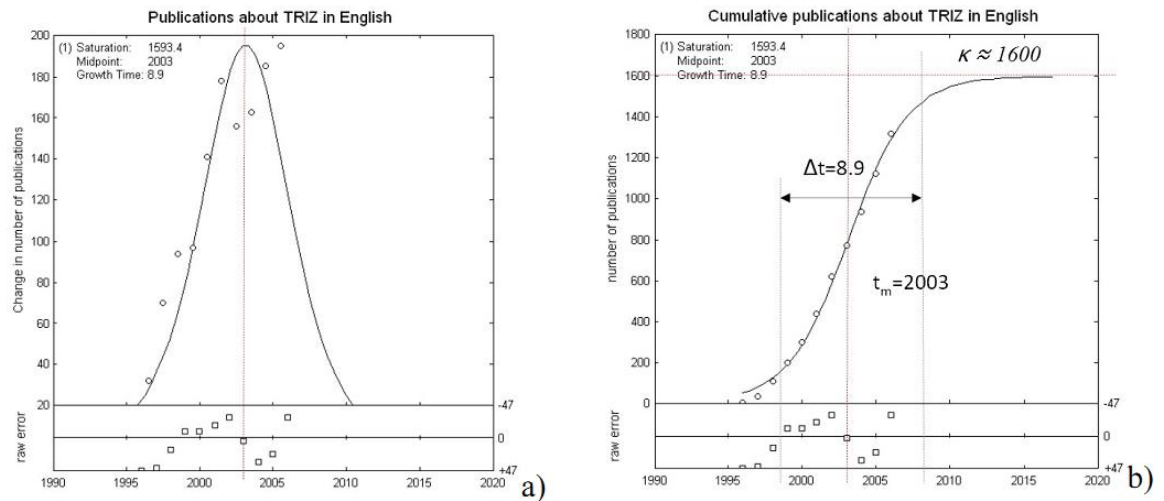


Рис. 2.21 - Темпи зростання і сукупна кількість публікацій ТРИЗ

2.2.3. Конкуренція двох технологій

Динаміка комп'ютерних технологій і перенесення ринкової вартості з платформи IBM + DEC для платформи Microsoft + Intel також слід логістичної кривої (рисунок 10).

Середня точка двох S-кривих, коли дві загальні платформи ділять ринок порівну, відповідає 1993 році.

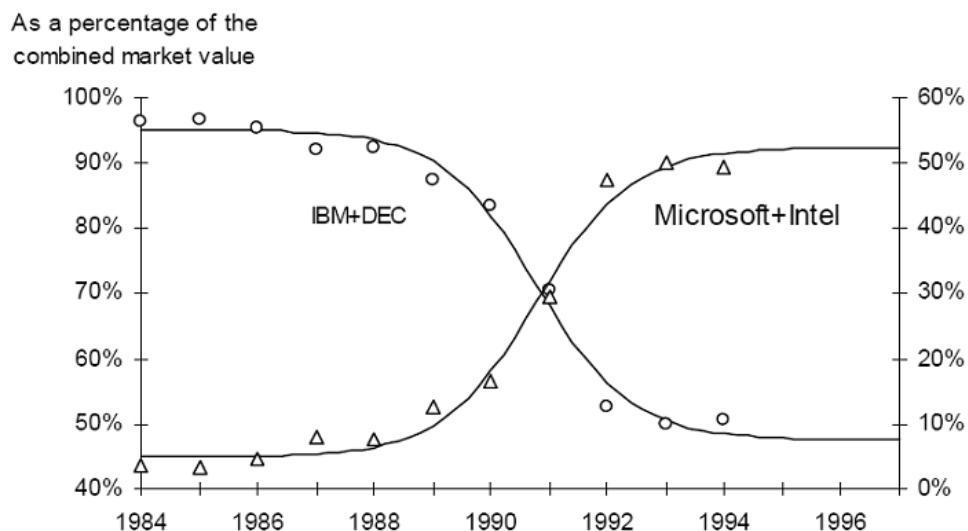


Рис. 2.22 - Динаміка комп'ютерних технологій і перенесення ринкової вартості з платформи IBM + DEC

Як виглядає довгострокове дослідження про первинних джерелах енергії?

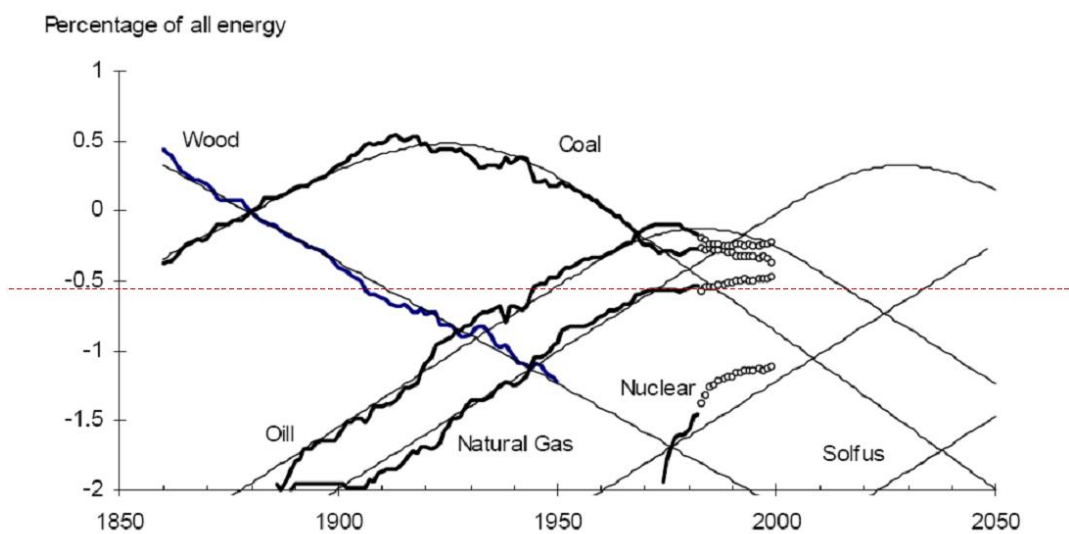


Рис. 2.23 - Конкуренція між первинними джерелами енергії.

Джерело: адаптовано Модіса Т. [13]

2.2.4 Закономірності розвитку авіаційної техніки

На будь-якій S-образної (логістичної) кривій розвитку технічної системи, що характеризує початкові стадії її життєвого циклу, можна виділити п'ять ділянок

(періодів), кожен з яких характеризує ту чи іншу стадію розвитку покоління літаків-винищувачів [14] (рис. 2.25).

На першій ділянці відбувається зародження логістичної кривої. Вона характеризується, наприклад, появою перехідних літаків-винищувачів моделей, наприклад, БІ, Су-5, І-250, Су-7 (зразка 1945 року), які можна розглядати в якості перших прототипів, використаних для переходу від літаків з поршневими двигунами, до повністю реактивних літаків-винищувачів.

Друга ділянка - це період інтенсивного розвитку авіаційної техніки, що характеризується швидким зростанням тактико-технічних характеристик виробів. Ця стадія розвитку завершується при досягненні точки перегину S-подібної кривої розвитку (рис. 2.25).

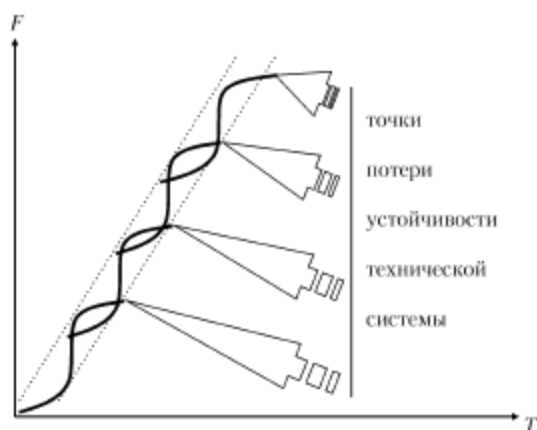


Рис. 2.24 - Трубка траєкторії сталого розвитку системи

На третьому ділянці S-подібної кривої після названої точки перегину відбувається етап дефліруючого розвитку даної авіаційної техніки. Ця стадія характеризується падінням темпів зростання головного параметра технічного рівня в даному випадку при появі нових моделей літаків-винищувачів.

Четверта ділянка кривої - стадія переходу до застою розвитку техніки аналізованого призначення. На даній стадії відбувається малоістотними поліпшення тактико-технічних характеристик (параметрів технічного рівня і якості виробу). Принцип дії такої техніки себе вичерпує, а самі вироби розглянутого типу починають переходити в стадію морального старіння. П'ятий ділянку S-подібної кривої - стадія застою в розвитку аналізованої техніки. На цій стадії, як правило, не відбувається докорінного поліпшення параметрів технічного рівня або підвищення якості продукції, що виготовляється техніки.

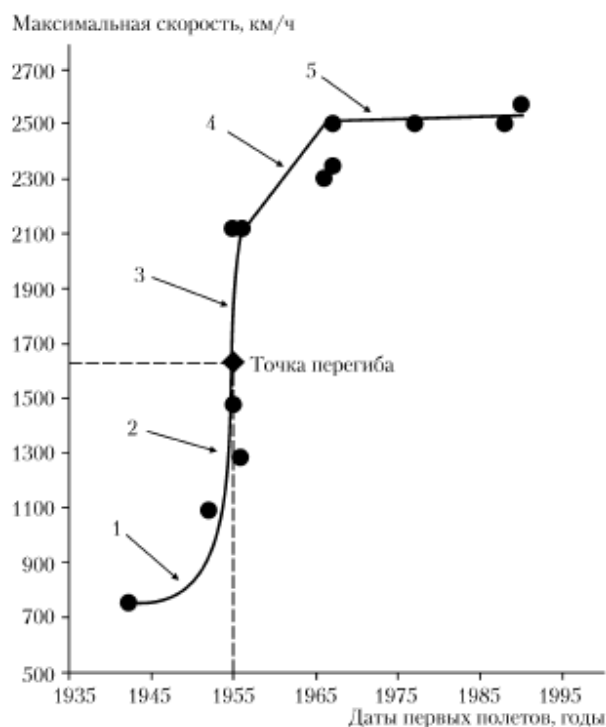


Рис. 2.25 - S-образна (логістична) крива розвитку реактивної авіаційної техніки

Пояснення закону зміни поколінь техніки і технологій ґрунтується на описі відмінностей декількох хвиль розвитку. Точки перетину суміжних S-образних кривих в межах однієї технології застосування (призначення) техніки називають «критичними точками». При цьому слід мати на увазі, що «криза» - це не фатальний деструктивне явище, що приводить до руйнування старої технології. Дослівний переклад терміна «криза» від гр. *crisis* - рішення, рішучий результат, вирок означає тільки те, що зміна принципової основи технологічного способу (методу) дозволяє рішуче перейти до нової, більш конкурентоспроможною технології, яка приходить на зміну старіючої технології того ж призначення.

Наприклад, точки заміни винищувачів-біпланів на винищувачі-моноплани з поршневими двигунами (рис. 2.26), заміни літаків-монопланів з поршневими двигунами на реактивні дозвукові літаки і заміни дозвукових літаків-винищувачів на надзвукові літаки-винищувачі - це основні «критичні точки» зміни поколінь авіаційної техніки і технологій.

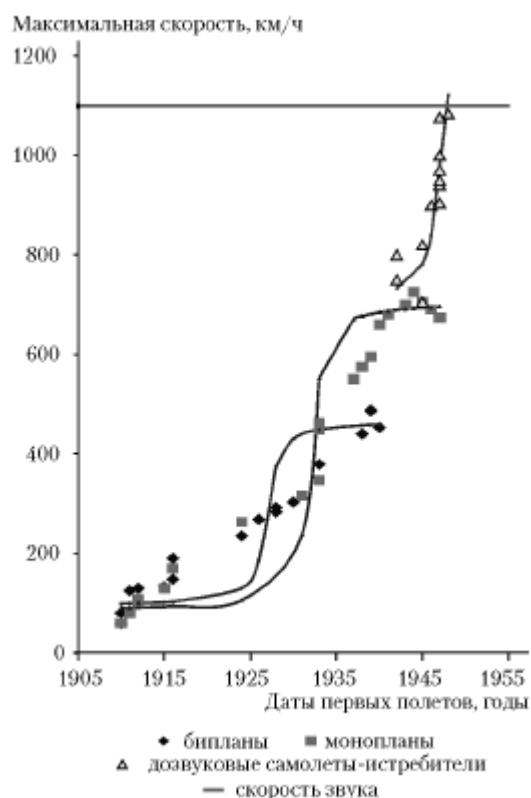


Рис. 2.26 Закономірності зміни поколінь дозвукових літаків-винищувачів (1-літаки-біплани з поршневими двигунами; 2-літаки-моноплани з поршневими двигунами; 3 реактивні дозвукові літаки-винищувачі)

Крім названих «критичних точок» на кожній S-подібної кривої розвитку необхідно розглядати також п'ять етапів (стадій) зміни поколінь техніки в рамках тієї чи іншої технології її застосування. Аналіз «критичних точок», «точок перегину» і точок переходу до «застою» в розвитку техніки, дозволяє визначити основні напрями інноваційної діяльності на кожному з розглянутих етапів розвитку.

Закономірності розвитку надзвукових реактивних літаків.

На рис. 2.27 наведена перша локальна S-подібна крива розвитку літаків-винищувачів - це дозвукові реактивні літаки-винищувачі.

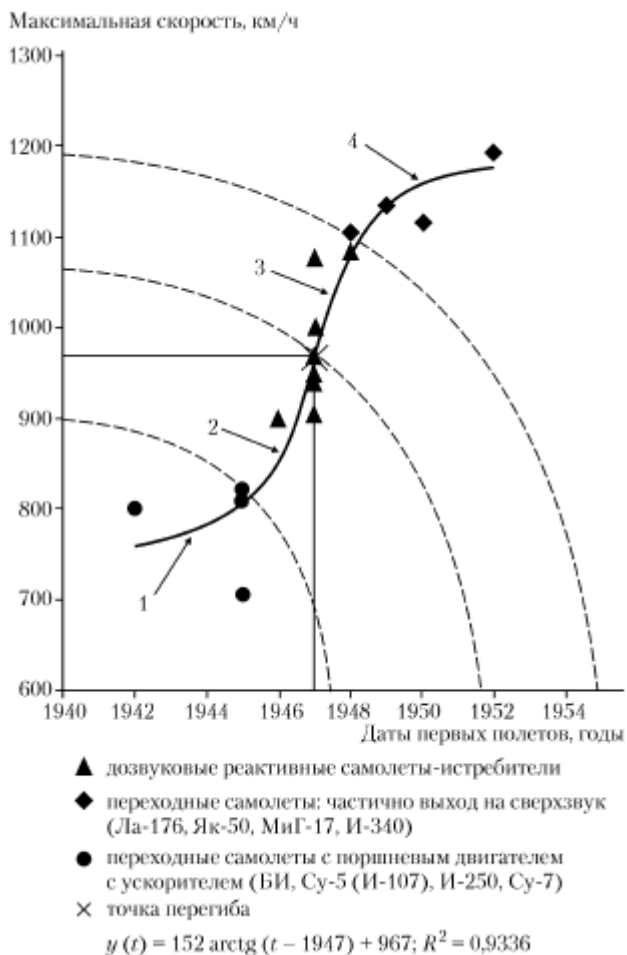


Рис. 2.27 - Вихідна S-подібна крива розвитку дозвукових реактивних літаків-випилювачів

На рис. 2.28 приведена наступна локальна S-подібна крива для надзвукових винищувачів-перехоплювачів наступного покоління техніки і технології винищувальної авіації.

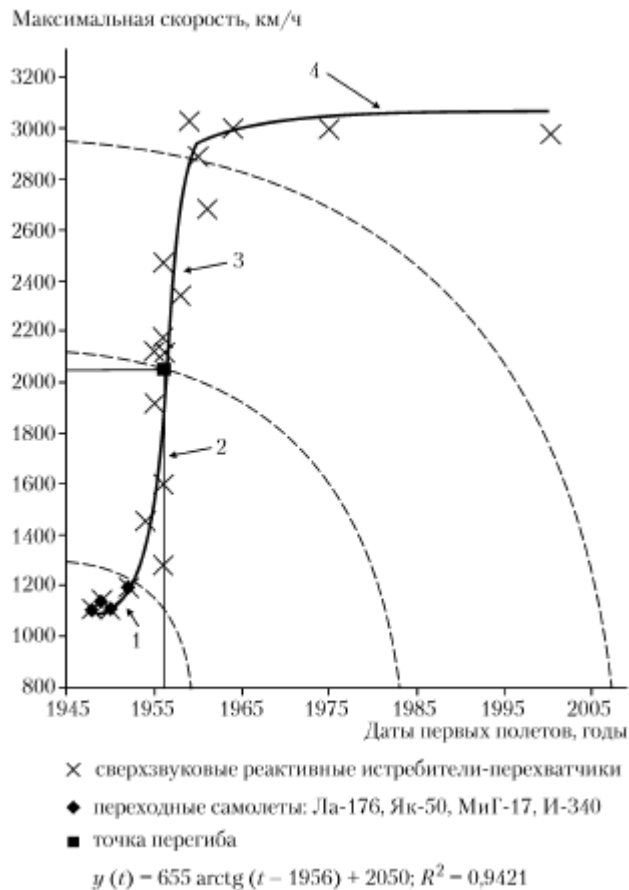


Рис. 2.28 - Крива розвитку надзвукових винищувачів-перехоплювачів

Перша ділянка кривої містить перехідні моделі літаків-винищувачів, які не можна однозначно назвати надзвуковими, однак, частково їх польоти ілюструють окремі приклади виходу на надзвукові швидкості польоту.

Розглянемо математичне обґрунтування названих ділянок S-подібної кривої на прикладі надзвукових винищувачів-перехоплювачів (рис. 5), швидкий розвиток яких починається з літака МіГ-19 (1954 г.), який вважається першим серійним надзвуковим літаком-перехоплювачем (максимальна швидкість на висоті і у землі відповідно 1452 і 1150 км / год). Для аналізу даної S-подібної кривої розвитку надзвукових винищувачів-перехоплювачів (1) і визначення точки перегину знайдемо другу похідну певного для даної S-подібної кривої рівняння регресії і прирівняємо її до нуля.

$$y(t) = 655 \cdot \arctg(t - 1956) + 2050 \quad (27)$$

Перша похідна такого рівняння згідно має вигляд (28):

$$y'(t) = (\arctg(t))' = \frac{1}{1+t^2} \quad (28)$$

Звідси

$$y'(t) = \frac{655}{1+(t-1956)^2} = \frac{655}{1+t^2-2 \cdot t \cdot 1956+1956^2} = \frac{655}{t^2-3912 \cdot t+3825937}$$

Для розрахунку точки перегину обчислимо другу похідну функції (28).

$$y''(t) = \left(\frac{1}{1+t^2} \right)' = (1+t^2)^{-1} = -\frac{2 \cdot t}{(1+t^2)^2} \quad (29)$$

$$\begin{aligned} y''(t) &= \left(\frac{655}{t^2-3912 \cdot t+3825937} \right)' = -\frac{655 \cdot (2 \cdot t-3912)}{(t^2-3912 \cdot t+3825937)^2} = \\ &= \frac{2562360-1310 \cdot t}{(t^2-3912 \cdot t+3825937)^2} \end{aligned} \quad (30)$$

У точці перегину друга похідна дорівнює нулю: $y''(t) = 0$. Вирішимо отримане рівняння.

$$\frac{2562360-1310 \cdot t}{(t^2-3912 \cdot t+3825937)^2} = 0 \quad (31)$$

$$\begin{aligned} 1. \quad & 2562360-1310 \cdot t = 0; \\ & 1310 \cdot t = 2562360; \\ & t = 1956. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \quad & t^2-3912 \cdot t+3825937 = 0; \\ & D = 1956^2 - 3825937 = -1; \end{aligned}$$

Корнів немає.

Таким чином, точка перегину $t = 1956$ рік. При цьому максимальна прогнозована по лінії регресії швидкість польоту (V_{\max}) повинна була складати:

$$V(1956) = 655 \cdot \arctg(1956-1956) + 2050 = 2050 \text{ км/год.}$$

Спираючись на отримані результати, можна зробити висновок, що точка перегину має наступні координати (1956 р.; 2050 км / год), на підтвердження

таких розрахунків можна назвати літак МіГ-21 (перший політ 1956 року, максимальна швидкість на висоті 2175 км / годину).

Таке математичне моделювання дозволяє стверджувати, що в точці перегину S-образної закономірності при переході від стадії інтенсивного розвитку (ділянка №2) в стадію дефліруючого розвитку (ділянка №3) даного типу техніки бажано приступати до початку науково-дослідних робіт по переходу до нової S -образної кривої розвитку, заснованої на застосуванні в аналізованій технічній системі нового принципу дії. Найкращим за технічним рівнем серед літаків даного типу (технології застосування) в даний час вважається літак-винищувач вертикального зльоту, який поклав початок п'ятого покоління даного типу машин - це «F-35» (США), що має максимальну швидкість польоту 1930 км / год. Він здійснив свій перший політ в 2006 році (рис. 2.26).

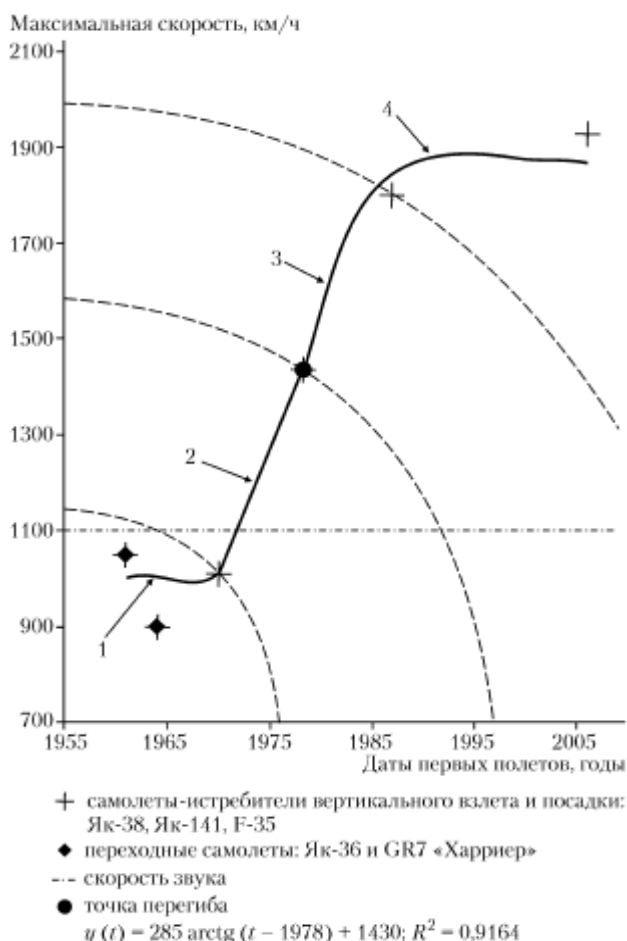


Рис. 2.29 - Крива розвитку літаків-винищувачів вертикального зльоту і посадки

Таким чином, на S-подібної кривій багато-функціональних і високоманеврових літаків-винищувачів (винищувачів-бомбардувальників)

також можна показати 5 ділянок (періодів) їх розвитку з урахуванням перехідних моделей багатофункціональних реактивних літаків-випилювачів.

Перша ділянка S-подібної кривої, в зв'язку зі сказаним, містить точку, що характеризує поява першого багатофункціонального літака-випилювача (випилювача-бомбардувальника) «Me-262». До перехідним літакам такого типу можна віднести також вітчизняні «Як-25» і «Як-27». Період інтенсивного розвитку даного покоління мав місце до середини 50-х р.р. (Рис. 7), потім спостерігається початок дефліруючого розвитку, який закінчується створенням випилювача-бомбардувальника Су-17 (1966) і МіГ-23 (1967) і їх модифікацій із змінною геометрією крила так звані літаки-випилювачі і випилювачі-бомбардувальники третього покоління для поліпшення злітно-посадочних характеристик.

Випилювачі-перехоплювачі «паралельно» з новими S-образними кривими для літаків вертикального зльоту / посадки і для високо-маневрених, багатофункціональних літаків-випилювачів (випилювачів-бомбардувальників) продовжували розвиватися по своїй S-образній закономірності від точки перегіба (літак МіГ-21) шляхом підвищення швидкості, дальності і граничного потолка польоту.

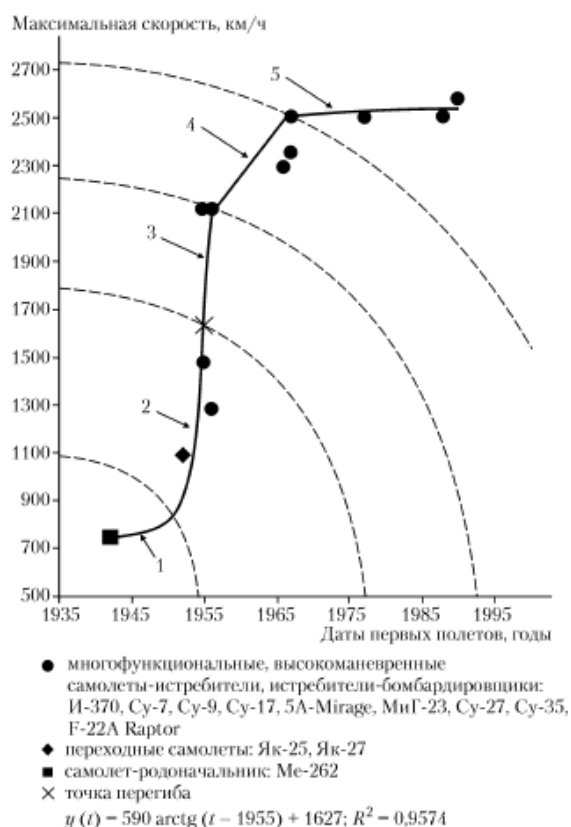


Рис. 2.30 - Крива розвитку багатофункціональних, високоманеврових літаків-випилювачів (випилювачів-бомбардувальників)

Наведений вище короткий огляд закономірностей розвитку авіаційної техніки (літаків-винищувачів) можна проілюструвати в узагальненому вигляді на рис. 2.31. Наведені на цьому малюнку S-образні криві розвитку узагальнюють (об'єднують) безліч точок, кожна з яких відповідає тій чи іншій моделі літака-истребителя конкретного покоління і конкретної технології застосування.

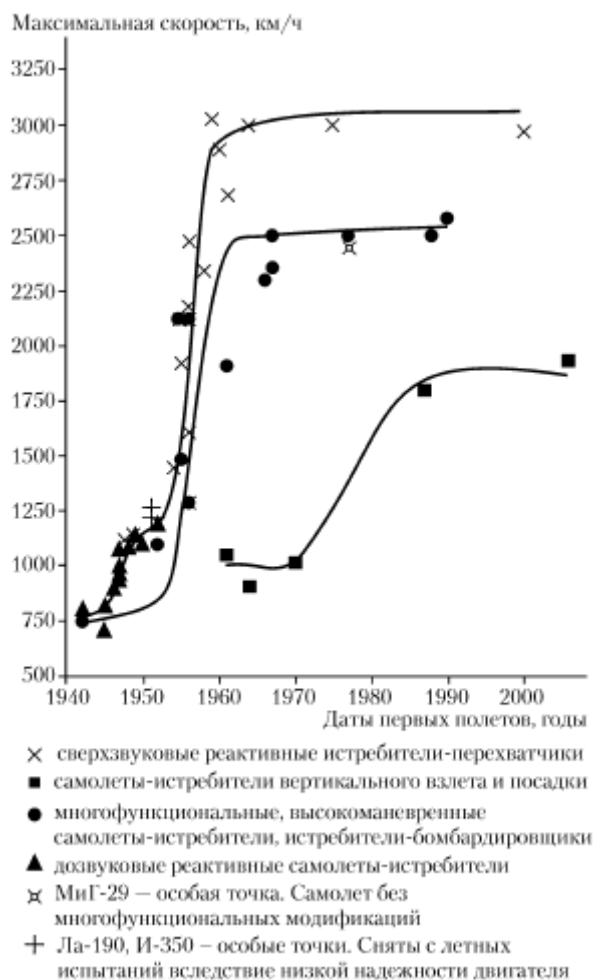


Рис. 2.31 - Узагальнені S-образні закономірності зміни поколінь реактивних літаків-винищувачів

Розроблений в даній публікації метод аналізу і спеціальні інноваційні закономірності розвитку авіаційної техніки і технологій дозволяють в аналітичному вигляді пояснити закон зміни поколінь авіаційної техніки і технологій.

Відповідно до структури етапів (стадій) S-образних кривих розвитку техніки в межах відповідної технології її застосування можна виділити по п'ять поколінь літаків-винищувачів, що представлено і описано в даній публікації.

Таким чином, в узагальненому вигляді, можна простежити зміну поколінь авіаційної техніки і технологій, виділити і обґрунтувати тенденції розвитку літальних апаратів і двигунів, а також дати рекомендації щодо визначення пріоритетів подальшого розвитку техніки або впровадження нової технології.

Висновки до розділу

Існує безліч прикладів застосування S-кривих для вивчення майбутнього складних систем.

Вивчення застосування S-кривих показує, що вони найчастіше застосовуються для аналіз минулих даних з метою виявлення нових тенденцій і підтвердження відомих.

З практичної точки зору, за результатами різних досліджень, процеси поширення новинок, заміна систем і конкурентний зростання підкоряються одному і тому ж закону природного зростання. У російськомовній науковій літературі зазвичай обмежуються розглядом двох кумулятивних моделей трендів: модель Ферхюльста і модель Гомперца. Число кумулятивних моделей, описаних англійськоязичною літературі, істотно більше (кілька десятків і більше).

Моделі класифікуються за різними принципами їх побудов і додатків:

- аналітичні рішення диференціальних рівнянь;
- задаються диференціальними рівняннями, які не мають аналітичного рішення;
- феноменологічні моделі;
- рішення диференціальних рівнянь конкуренції серед різних видів продуктів (товарів, технологій, дифузійних процесів і т. п).

Критерієм вибору є адекватне відтворення моделлю процесів поширення новинок, заміна систем і конкурентний зростання (Наявність точки перегину, симетрія або асиметрія).

РОЗДІЛ 3 ОЦІНКА ПАРАМЕТРІВ ЕВОЛЮЦІЙНИХ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ КРИВИХ ЗРОСТАННЯ

Для практичного дослідження зміни технологічних режимів і їх прогнозування роботи системи завдання вибору потрібно вирішити таке завдання: вибрати підходящіє S-криві і вибрати з них найкращі з точки зору точності. Іншими словами визначити їх коефіцієнти і можливості інтерполяції на кілька кроків вперед. Ймовірно, слід віддавати перевагу параметрами, які характеризують кількісну поширеність системи X на ринку, питомою параметром, що характеризує корисність системи. Справжня глава присвячена вирішенню цього завдання.

3.1 Ідентифікація параметрів

Було запропоновано ряд процедур для оцінки параметрів S-кривих.

- оцінки на основі звичайного методу найменших квадратів (the ordinary least squares - OLS) ;
- оцінки на основі нелінійного методу найменших квадратів (the nonlinear least squares - NLS);
- оцінки на основі максимальної правдоподібності (the maximum likelihood estimation - MLE) ;
- оцінки на основі алгебраїчного методу (the algebraic estimation - AE).

Порівняння проводилося на декількох наборах даних. Автори прийшли до висновку, що NLS дає найкращі передбачення і найбільш ефективні оцінки параметрів (з точки зору стандартної помилки). З іншого боку, метод OLS найбільш простий в реалізації.

У будь-якому випадку вважається, що стійкі і робастні оцінки параметрів можуть бути отримані тільки, якщо вихідні дані мають, щонайменше, десять спостережень і містять пік кривої $f(t)$. хоча треба сказати, що очікування достатнього числа вимірювань знижує корисність прогнозу.

3.1.1. OLS процедура Басса

З огляду на мізерність вихідних даних і, пов'язану з цим, наближеність результатів, існують OLS процедура, запропонована.

Для прикладу розглянемо дискретну модель Басса:

$$S(t) = N(t) - N(t-1) = p[m - N(t-1)] + q \frac{N(t-1)}{m} [m - N(t-1)] \quad (32)$$

де m - максимальне число потенційних покупців або ринковий потенціал;
 $N(t)$ - кумулятивні продажі або кумулятивне число покупців за час t ; $S(t)$ - приріст продажів або число покупців в періоді t .

$$S(t) = N(t) - N(t-1) \quad (33)$$

p - є коефіцієнт інновації; q - є коефіцієнт імітації.

Розкриваючи дужки (32) отримуємо:

$$N(t_i) - N(t_{i-1}) = pm + (q - p)N(t_{i-1}) - \frac{q}{m} N^2(t_{i-1}), \quad (34)$$

або у формі регресійної моделі:

$$X(i) = \mu_1 + \mu_2 N(t_{i-1}) - \mu_3 N^2(t_{i-1}) + \varepsilon_i \quad (35)$$

Отримавши за допомогою регресійного аналізу оцінки параметрів функції регресії, оцінки шуканих параметрів моделі Басса можна визначити, вирішивши наступну систему рівнянь:

$$\begin{cases} \hat{p}\hat{m} = \hat{\mu}_1 \\ \hat{q} - \hat{p} = \hat{\mu}_2 \\ -\hat{q} / \hat{m} = \hat{\mu}_3 \end{cases}$$

Рішення має вигляд:

$$\begin{aligned} \hat{p} &= \frac{-\hat{\mu}_2 + \sqrt{\hat{\mu}_2^2 - 4\hat{\mu}_1\hat{\mu}_3}}{2} = \hat{\mu}_1 / \hat{m} \\ \hat{q} &= \frac{\hat{\mu}_2 + \sqrt{\hat{\mu}_2^2 - 4\hat{\mu}_1\hat{\mu}_3}}{2} = -\hat{\mu}_3\hat{m} \\ \hat{m} &= \frac{-\hat{\mu}_2 - \sqrt{\hat{\mu}_2^2 - 4\hat{\mu}_1\hat{\mu}_3}}{2\hat{\mu}_3} \end{aligned}$$

Головна перевага OLS процедури оцінки в простоті реалізації. Однак, OLS процедура оцінки має 3 недоліки.

По-перше, при наявності тільки декількох точок даних і вірогідною мультиколінеарності між змінними $N(t_{i-1})$ и $N^2(t_{i-1})$, можна отримати оцінки параметрів, які нестабільні або мають невірні знаки.

По-друге, немає стандартної помилки для оцінок параметрів p , q , m , оскільки вони є складними нелінійними функціями параметрів регресії.

По-третє, зміщення часових інтервалів, коли дискретний часовий ряд використовується для оцінки моделі безперервного часу, призводить до того, що права сторона рівняння (34) буде зміщеною оцінкою похідною $N(t)$.

3.2 Порівняльний аналіз S-кривих при апроксимації статистичних даних

Прогнозування попиту продуктів з коротким життєвим циклом

Є історичні дані про попит продуктів з коротким життєвим циклом (табл. 3.1.).

Таблиця 3.1.

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
N	3	27	76	134	201	272	357	449	604	
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
684	829	1027	1222	1459	1768	2070	2275	2688	3002	3380
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
3832	4166	4405	4655	4794	5049	5118	5138	5168	5186	5186
32	33	34	35	36	37	38				
5186	5186	5186	5186	5186	5186	5186				

Алгоритм побудови прогнозу.

1 крок. Визначаємо тип кривої. З цієї мета будуємо графік N-t в графічному редакторі Desmos.

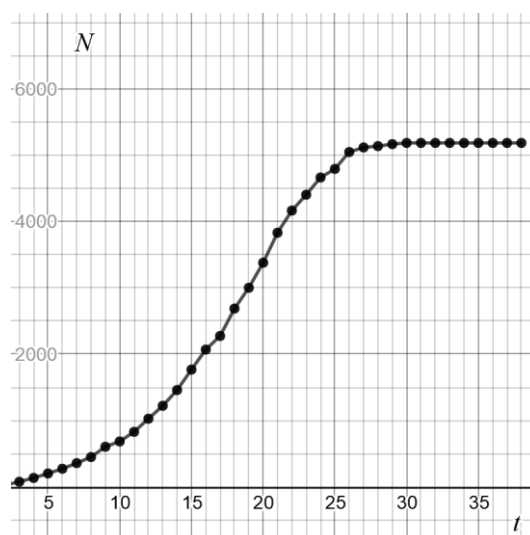


Рис 3.1 - Вхідні дані

Виберемо дві логістичні функції в якості можливої апроксимації заданої кривої:

Логістична функція: $N = a / (1 + \exp(b - g * t))$

Функція Річардса: $N = A0 / ((1 + A1 * \exp(-a * (t - 3,1)))^3)$

Після ідентифікації параметрів за допомогою оцінки на основі нелінійного методу найменших квадратів виберемо найкращу.

2крок. Ідентифікації параметрів логістичної функції.

Нелінійний метод найменших квадратів чутливий до вибору початкових умов. Якщо вони далекі від оптимальних, то метод ідентифікації параметрів

може розходитися. Є кілька методів вибору початкових умов. Введемо логістичну функцію в пограма Десмос з прозвольними параметрами. Далі, вручну варіюємо параметри для більш-менш вдалою апроксимації. Результат цієї роботи показані на рисунку 3.5.

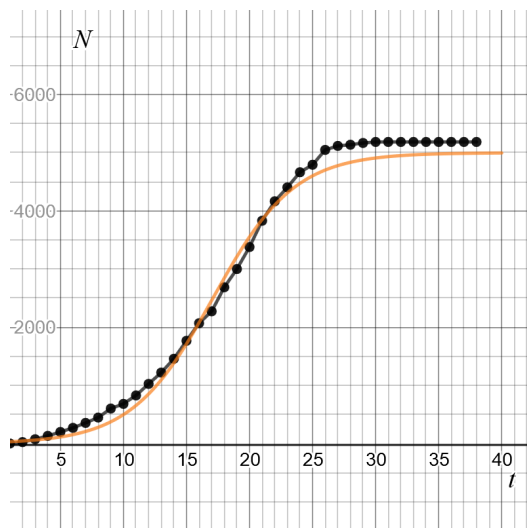


Рис. 3.2 - Підбір параметрів логістичної кривої вручну в редакторі Десмос

$$a = 5000; b = 5.3; g = 0.31.$$

Аналогічно були підібрані параметри для кривої Річардса:

$$A0 = 5390; A1 = 5.5; a = 0.21.$$

3 крок. Ідентифікації параметрів логістичної функції нелінійним методом найменших квадратів.

Використовувалася програма Minitab19.

Результати ідентифікації параметрів логістичної Функ і статистичного аналізу результатів:

Nonlinear Regression: $N = a / (1 + \exp(b - g * t))$

Method

Algorithm Gauss-Newton
Max iterations 200
Tolerance 0,00001

Starting Values for Parameters

Parameter	Value
a	5000
b	5,3
g	0,31

Equation

$$N = 5322,59 / (1 + \exp(4,81392 - 0,273667 * t))$$

Parameter Estimates

Parameter	Estimate	SE Estimate
a	5322,59	34,6501
b	4,81	0,1147
g	0,27	0,0069

$N = a / (1 + \exp(b - g * t))$

Lack of Fit

There are no replicates.
Minitab cannot do the lack of fit test based on pure error.

Summary

Iterations	8
Final SSE	334636
DFE	35
MSE	9561,02
S	97,7805

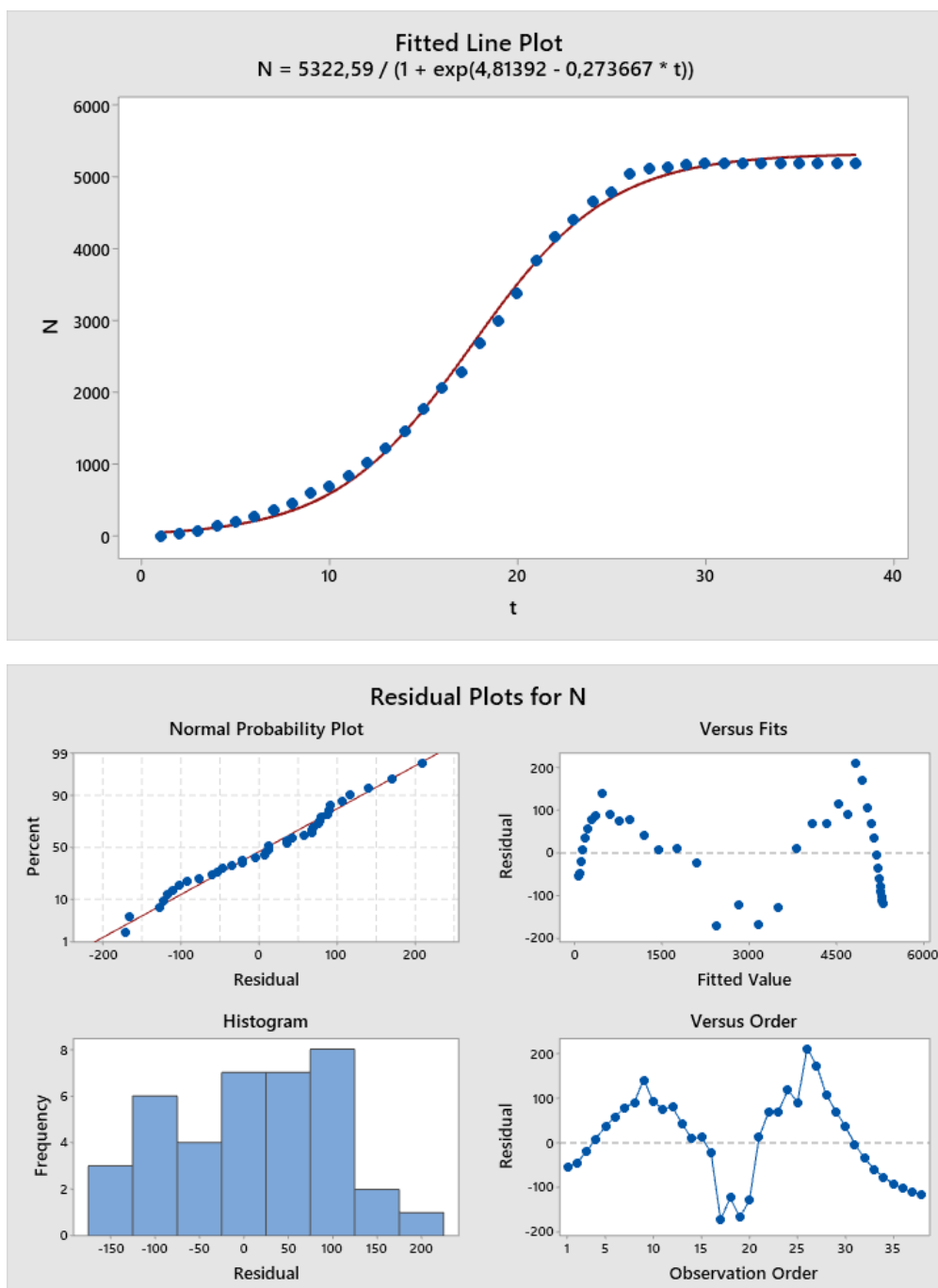


Рис. 3. 3 -Апроксимація вхідних даних за допомогою логістичної функції

4 крок. Ідентифікації параметрів кривої Річардса нелінійним методом найменших квадратів.

Результати ідентифікації параметрів логістичної Функ і статистичного аналізу результатів:

БОГДАН_2.MWX

Nonlinear Regression: $N = A0 / ((1 + A1 * \exp(-a * (t - 3,1))) ^ 3)$

Method

Algorithm	Gauss-Newton
Max iterations	200
Tolerance	0,00001

Starting Values for Parameters

Parameter	Value
A0	5390
A1	5,5
a	0,21

Equation

$N = 5443,19 / ((1 + 4,87848 * \exp(-0,20356 * (t - 3,1))) ^ 3)$

Parameter Estimates

Parameter	Estimate	SE Estimate
A0	5443,19	67,7635
A1	4,88	0,5510
a	0,20	0,0091

$N = A0 / ((1 + A1 * \exp(-a * (t - 3,1))) ^ 3)$

Lack of Fit

There _____ are _____ no _____ replicates.
Minitab cannot do the lack of fit test based on pure error.

Summary

Iterations	8
Final SSE	886508
DFE	35
MSE	25328,8
S	159,150

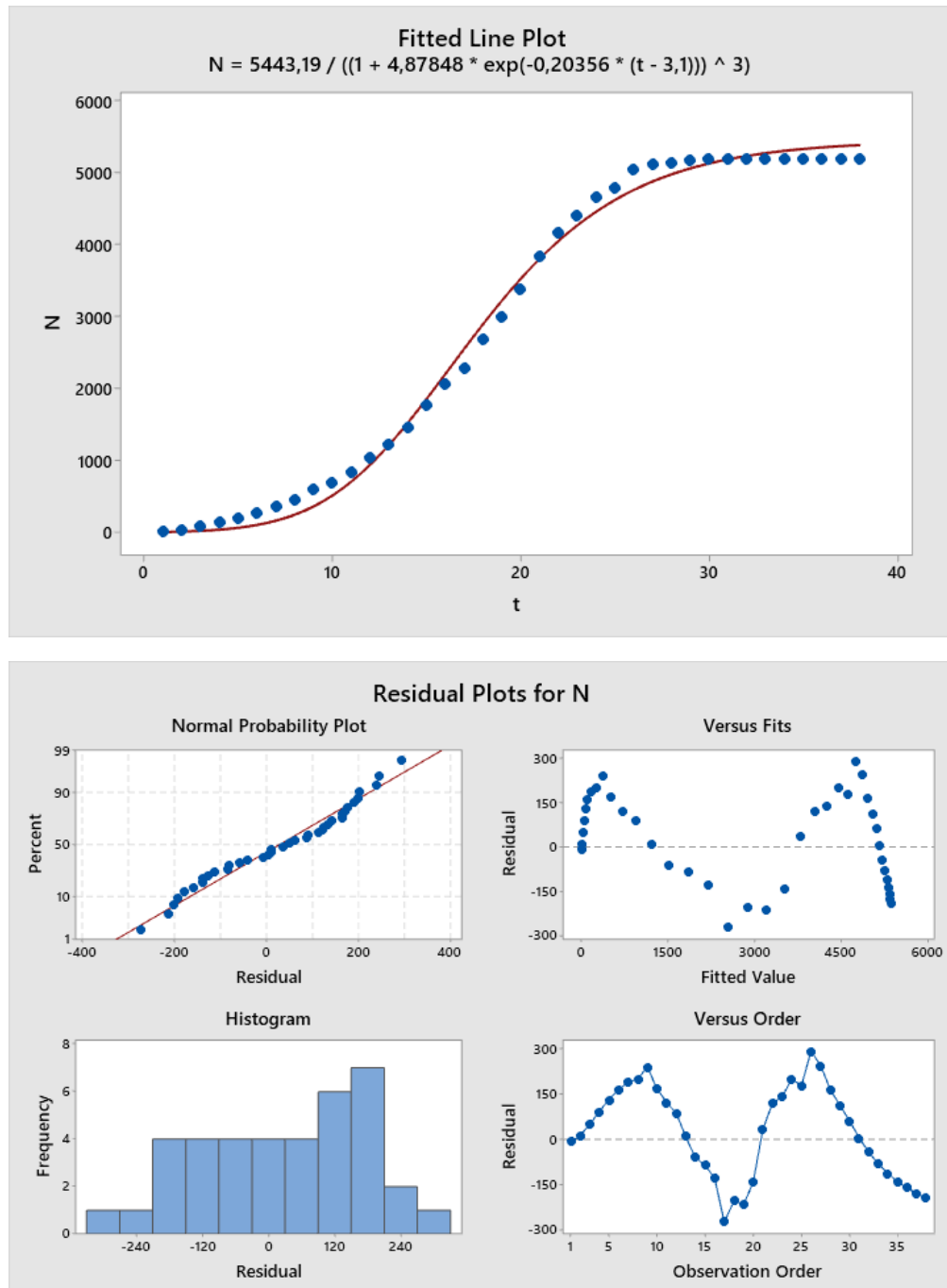


Рис. 3.4 - Апроксимація вхідних даних за допомогою функції Річардса

Висновок:

Таблиця 3.2.

Parameter	Estimate	SE Estimate
a	5322,59	34,6501
b	4,81	0,1147
g	0,27	0,0069

$$N = a / (1 + \exp(b - g * t))$$

Таблиця 3.3.

Parameter Estimates

Parameter	Estimate	SE Estimate
A0	5443,19	67,7635
A1	4,88	0,5510
a	0,20	0,0091

$$N = A0 / ((1 + A1 * \exp(-a * (t - 3,1))) ^ 3)$$

Для порівняння якості апроксимації логістичної кривої і кривої Річардса можна порівняти підсумкові результати середньоквадратических помилок оцінки коефіцієнтів вихідних даних, отриманих за двома кривими.

З таблиць 3.2 і 3.3 видно, що з точки зору точності перевагу треба віддати апроксимації за допомогою логістичної кривої.

На рис. 3.5. представлені обидві криві з оптимальними параметрами. На візуальному рівні важко віддати перевагу одній з розглянутих кривих.

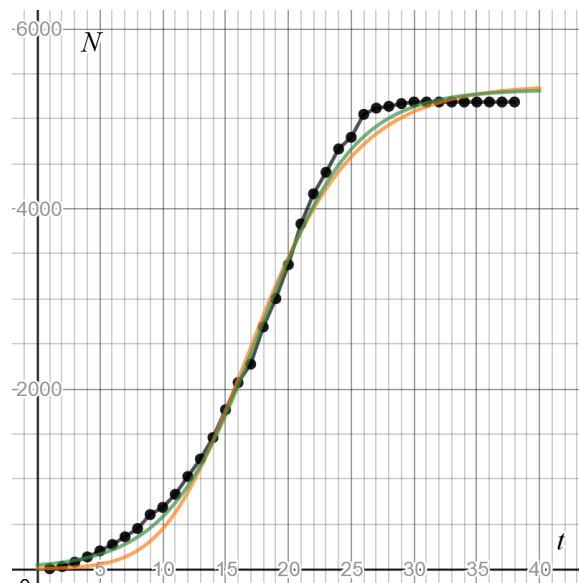


Рис. 3.5 - Апроксимація вихідних даних логістичної кривої і кривої Річардса з оптимальними параметрами

3.3 Дифузійної модель Басса (Bass model)

Суть дифузійної моделі Басса (Bass model) складається в наступному. Нехай існує деякий ринок, на якому з'являється принципово новий продукт (товар або послуга, технологія), який не має аналогів і, відповідно, конкуренції з боку інших продуктів. Цей продукт створює новий попит, тобто з'являється певна кількість людей, бажаючих придбати цей продукт і, тих, хто вже зробив покупку і впливає на потенційних покупців.

У дискретній формі основна модель Басса виглядає наступним чином:

$$S(t) = N(t) - N(t-1) = p[m - N(t-1)] + q \frac{N(t-1)}{m} [m - N(t-1)]$$

де m - максимальне число потенційних покупців або ринковий потенціал; $N(t)$ - кумулятивні продажі або кумулятивне число покупців за час t ; $S(t)$ - приріст продажів або число покупців в періоді t .

$$S(t) = N(t) - N(t-1)$$

p - є коефіцієнт інновації; q - є коефіцієнт імітації.

Потенційні покупці складаються з двох груп - інноваторів і імітаторів. Таким чином, покупки в періоді t , $S(t)$, моделюються як сума покупок інноваторів і імітаторів. Число інноваторів, в періоді t пропорційно залишився числа не купили з числа потенційних покупців на початку періоду $(t-1)$, тобто $p(m - N(t-1))$, в той час як число імітаторів пропорційно як числа не купили, так і частці вже купили, тобто $q(N(t-1)/m)(m - N(t-1))$. При здійсненні первісних покупок інноватори не керівництво числом попередніх покупців, а, головним чином, засобами масової інформації (т.зв. зовнішній вплив), що закладено в коефіцієнт інновації p . У той же час імітатори схильні до числа попередніх покупців, ефекту поголоски («word of mouth», т.зв. внутрішній вплив), що відображено коефіцієнтом імітації q .

Основна модель Басса в безперервній формі має вигляд:

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = [p + qF(t)][1 - F(t)], \quad (36)$$

де $F(t)$ - є кумулятивна частка покупців за час t (по відношенню до ринкового потенціалу), $f(t)$ - є функція щільності (інтенсивність) покупки в момент t .

$$F(t) = \frac{N(t)}{m}$$

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = \frac{S(t)}{m} = \frac{1}{m} \frac{dN(t)}{dt}.$$

Диференціальне рівняння (36) відноситься до рівнянь Рікатті, рішення якого в даному випадку має вигляд [1]:

$$F(t) = \frac{1 - e^{-(p+q)(t+c)}}{1 + \frac{q}{p} e^{-(p+q)(t+c)}}, \quad (37)$$

де c – константа, яка визначається початковою умовою. Для нульового початкового умови маємо:

$$F(t) = \frac{1 - e^{-(p+q)t}}{1 + \frac{q}{p} e^{-(p+q)t}}, N(t) = m \left(\frac{1 - e^{-(p+q)t}}{1 + \frac{q}{p} e^{-(p+q)t}} \right) \quad (38)$$

Якщо $p < q$, то крива $F(t)$ має точку перегину t , в якій похідна $f(t)$ наближається до нуля:

$$t^* = -\frac{1}{p+q} \ln\left(\frac{p}{q}\right)$$

Ця точка має наступними параметрами:

$$N(t^*) = mF(t^*) = \frac{m}{2} \left(1 - \frac{p}{q} \right)$$

$$\frac{dN(t^*)}{dt} = mf(t^*) = m \frac{(p+q)^2}{4q}$$

Якщо $p < q$, то вираз (4) дає S-образну (сигмовидную) криву. Особливість графіка $f(t)$ полягає ще в тому, що він симетричний на відрізку $[0, 2t^*]$ щодо точки t^* , тобто

$$f(t^* - t) = f(t^* + t), t \in [0, t^*].$$

У разі $p \geq q$ функція $f(t)$ є монотонно спадною в часі функцією.

3.3.1. Прогнозування визначального параметра на основі моделі Басса

Прогнозування попиту продуктів з коротким життєвим циклом (див Таблицю 3.1. секція)

Алгоритм побудови прогнозу. Ставиться завдання побудови прогнозу за неповними даними.

1 крок. Передбачається, що на першому етапі нам відомі дані за період 1-10. Будуємо графік N - t S-функції Басса графічному редакторі Desmos.

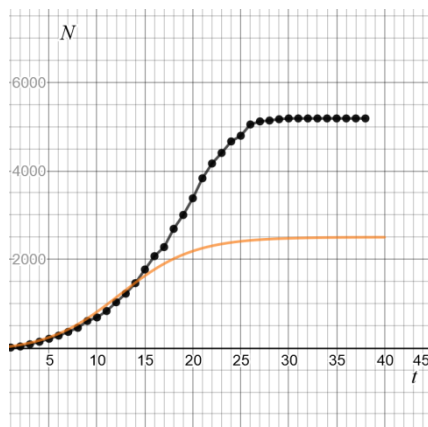


Рис. 3.6 - Підбір параметрів S-функції Басса вручну в редакторі Десмос

Графік будуємо таким чином, щоб він добре апроксимувати перші 10 даних таблиці 1. Отримуємо такі значення параметрів.

$$m=2500, p=0.01, q=0.25$$

2 крок. Ідентифікації параметрів моделі Басса для перших десяти значень таблиці 3.1.

Проводимо ідентифікацію параметрів нелінійним методом найменших квадратів.

Отримуємо наступний результат:

БОГДАН_2.MWX

Nonlinear Regression: $N12 = m * (1 - \text{EXP}(-(p + q) * t12)) / (1 + \dots$

Method

Algorithm	Gauss-Newton
Max iterations	200
Tolerance	0,00001

Starting Values for Parameters

Parameter	Value
m	2500
p	0,001
q	0,25

Equation

$$N12 = 2392,65 * (1 - \text{EXP}(-(0,00850623 + 0,255099) * t12)) / (1 + (0,255099 / 0,00850623) * \text{EXP}(-(0,00850623 + 0,255099) * t12))$$

Parameter Estimates

Parameter	Estimate	SE Estimate
m	2392,65	816,354
p	0,01	0,002
q	0,26	0,040

$$N12 = m * (1 - \text{EXP}(-(p + q) * t12)) / (1 + (q / p) * \text{EXP}(-(p + q) * t12))$$

Lack of Fit

There are no replicates.
Minitab cannot do the lack of fit test based on pure error.

Summary

Iterations	11
Final SSE	3758,64
DFE	9
MSE	417,627
S	20,4359

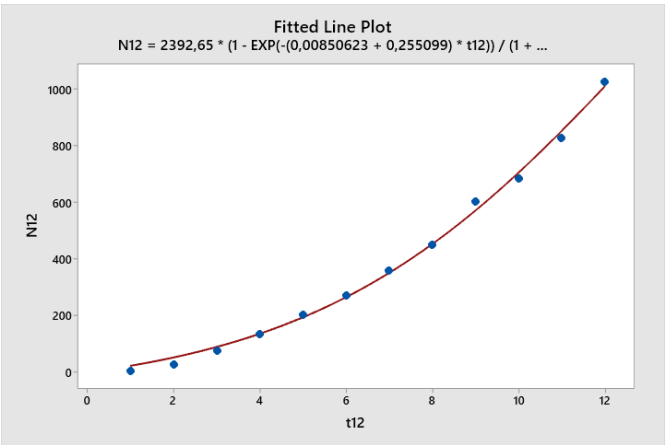


Рис. 3.7 - Результат аппрокімації на 1 кроці

На загальному графіку цей результат виглядає наступним чином:

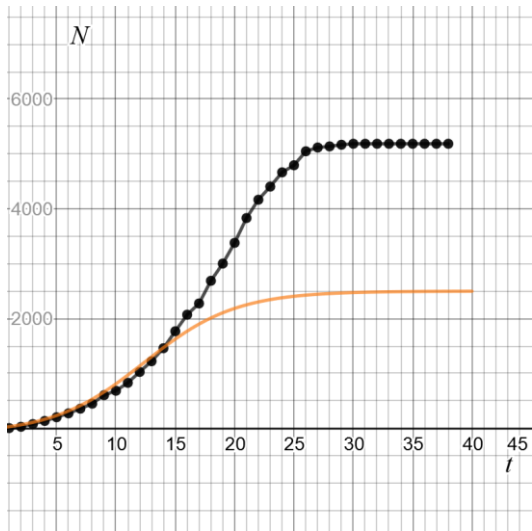


Рис. 3.7а - Графічний інтерпретація результату аппрокімації на 1 кроці

3 крок. Ідентифікації параметрів моделі Басса для перших двадцяти значень таблиці 3.1.

У Minitab 19 початкових значень вибираємо результат індетіфікацію параметрів на першому кроці.

Parameter	Estimate	SE Estimate
m	2392,65	816,354
p	0,01	0,002
q	0,26	0,040

Отримуємо наступний результат:

БОГДАН_2.MWX

Nonlinear Regression: $N24 = m * (1 - \text{EXP}(-(p + q) * t24)) / (1 + \dots$

Method

Algorithm	Gauss-Newton
Max iterations	200
Tolerance	0,00001

Starting Values for Parameters

Parameter	Value
m	2393
p	0,008
q	0,26

Equation

$$N24 = 6659,56 * (1 - \text{EXP}(-(0,00336221 + 0,205993) * t24)) / (1 + (0,205993 / 0,00336221) * \text{EXP}(-(0,00336221 + 0,205993) * t24))$$

Parameter Estimates

Parameter	Estimate	SE Estimate
m	6659,56	204,593
p	0,00	0,000
q	0,21	0,006

$$N24 = m * (1 - \text{EXP}(-(p + q) * t24)) / (1 + (q / p) * \text{EXP}(-(p + q) * t24))$$

Lack of Fit

There are no replicates.
Minitab cannot do the lack of fit test based on pure error.

Summary

Iterations	9
Final SSE	33308,4
DFE	21
MSE	1586,11
S	39,8261

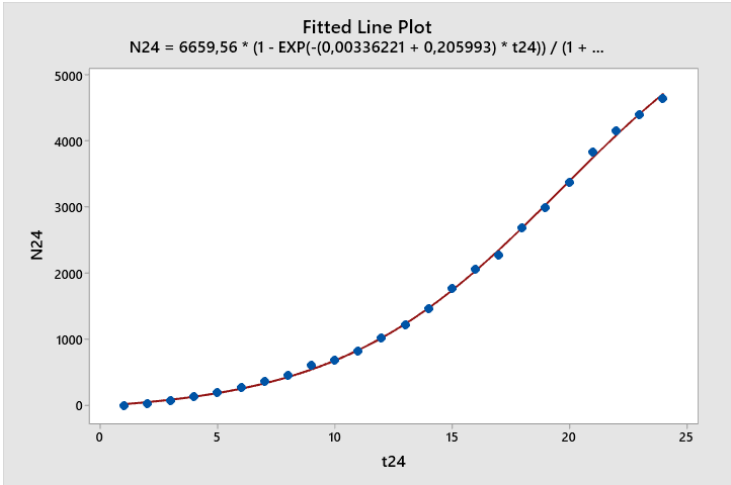


Рис. 3.8 - Апроксимація вхідних даних за допомогою функції Бааса «Час 1» = 20

На загальному графіку цей результат виглядає наступним чином:

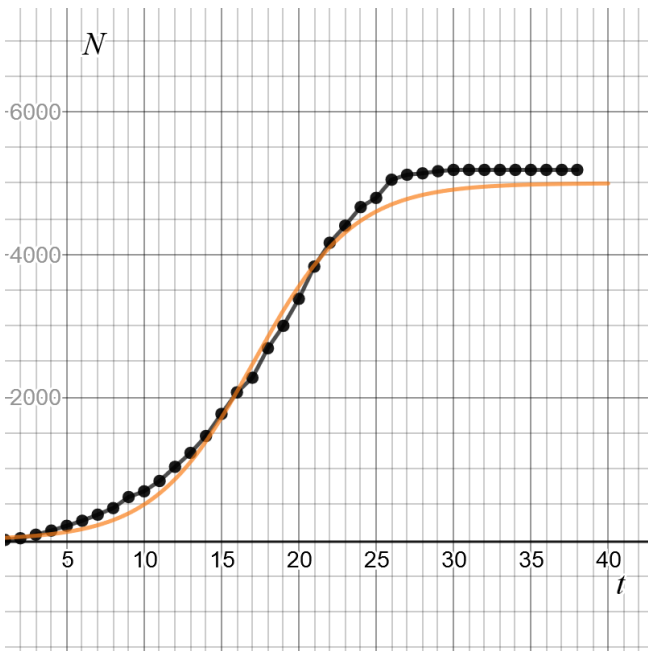


Рис. 3.9 - Графічний інтерпретація результату апроксимації на 1-2 кроці

4 крок. Ідентифікації параметрів моделі Басса для перших всіх значень таблиці 1.

У Minitab 19 початкових значень вибираємо результат індетіфікацію параметрів на другому кроці.

M	Estimate	SE Estimate
m	6659,56	204,593
p	0,003	0,000
q	0,205	0,006

Отримуємо наступний результат:

БОГДАН_2.MWX
Nonlinear Regression: N = m * (1 - EXP(-(p + q) * t)) / (1 + ...

Method

Algorithm	Gauss-Newton
Max iterations	200
Tolerance	0,00001

Starting Values for Parameters

Parameter	Value
m	6600
p	0,003
q	0,205

Equation

$$N = 5328,54 * (1 - \text{EXP}(-(0,00239417 + 0,266836) * t)) / (1 + (0,266836 / 0,00239417) * \text{EXP}(-(0,00239417 + 0,266836) * t))$$

Parameter Estimates

Parameter	Estimate	SE Estimate
m	5328,54	37,7901
p	0,00	0,0003
q	0,27	0,0082

$$N = m * (1 - \text{EXP}(-(p + q) * t)) / (1 + (q / p) * \text{EXP}(-(p + q) * t))$$

Lack of Fit

There are no replicates.
Minitab cannot do the lack of fit test based on pure error.

Summary

Iterations	8
Final SSE	377637
DFE	35
MSE	10789,6
S	103,873

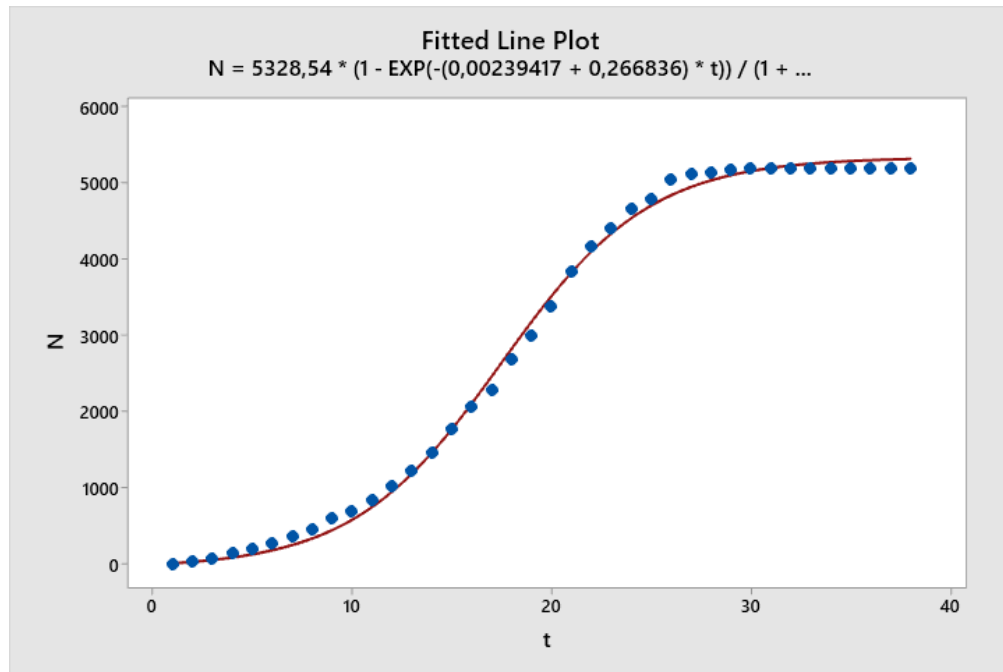


Рис. 3.10 - Апроксимація вхідних даних за допомогою функції Бааса «Час 2» = 38

На загальному графіку цей результат виглядає наступним чином:

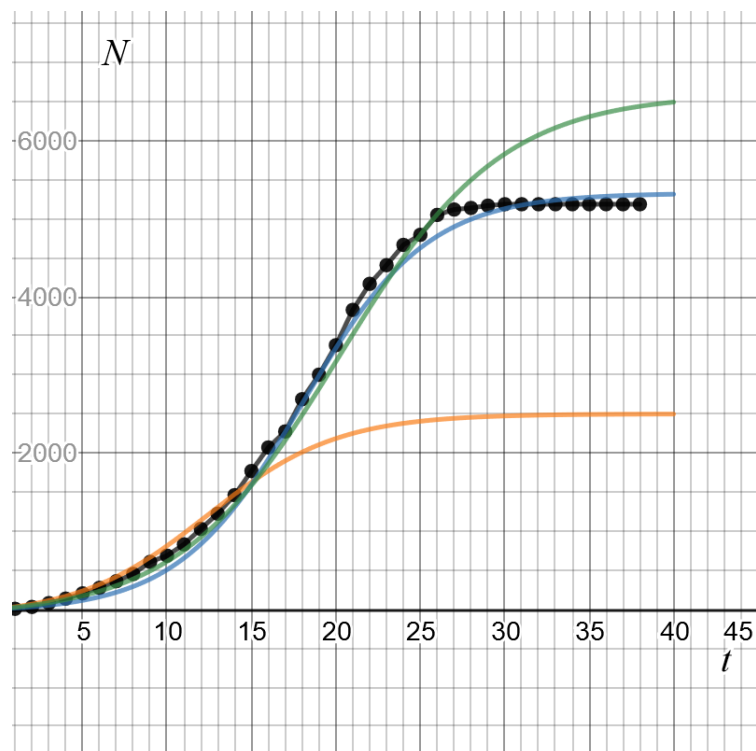


Рис. 3.11 - Графічний інтерпретація результату апроксимації на 1-3 кроках

Висновки до розділу

Вибір S- кривої.

Застосування закону природного зростання з логістичної S-кривої, виконаної на кількісному рівні, вносить істотний внесок в точність короткострокового прогнозу.

Для практичного дослідження зміни технологічних режимів і їх прогнозування роботи системи потрібно вирішити такі завдання.

Є статистичні дані, які характеризують зростання деякого визначального параметра. Це зростання визначається за цією технологією.

Необхідно вибрати з має арсеналу S- кривих ті, які найбільш повно відображають суть процесу, описуваного наявними статистичними даними.

Для більш повної оцінки стану справ на S криву визначального параметра по можливості накладати відповідні криві для системи в цілому і для найбільш значущих конкурентів. При цьому доцільно розглядати конкурентів не тільки предметних, але також видових і функціональних. Такий підхід до побудови S кривої зробить більш обґрунтованими і достовірними типові висновки і рекомендації для даного етапу розвитку системи. Сам етап розвитку легко можна буде визначити, як тільки крива буде побудована.

Для кількісної оцінки такої апроксимації проводиться ідентифікація параметрів з використанням економетричних методів.

Ступінь достовірності та обґрунтованості висновків вибору найкращої S- кривої проводиться на основі результатів порівняння статистичних оцінок помилок апроксимації по кожній S- кривої.

Обрана процедура оцінки на основі нелінійного методу найменших квадратів (the nonlinear least squares - NLS).

Прогнозування основного параметра.

Крок 1. S подібну криву будувати переважно як функцію зміни в часі основного параметр за неповними даними. Це означає, що нам відомо лише кілька даних $N_0 \geq 3$ з N (невідомо). S криву можна використовувати тільки у вигляді лівої її гілки, обмеженою справа точкою "зараз 0" по тимчасовій осі, так як прогноз в правій частині тимчасової області робити занадто ризиковано.

На підставі точкою "зараз 0" робимо локальний прогноз на кілька кроків вперед основі того, що перші N_0 точок мають хорошу апроксимацію. Нехай це буде точка $N_1 \geq N_0$.

Крок 2. S - криву будуємо за новими історичними даними $N_1 \geq N_0$. S криву можна використовувати тільки у вигляді лівої її гілки, обмеженою справа точкою "зараз 1" з тимчасової осі, так як прогноз в правій частині тимчасової області робити занадто ризиковано. На підставі точкою "зараз 1" робимо локальний прогноз на кілька кроків вперед основі того, що перші N_1 точок мають хорошу апроксимацію. Нехай це буде точка $N_2 \geq N_1$.

Після кінцевого числа кроків прийдемо (або не прийдемо) до шуканої S - кривий.

РОЗДІЛ 4 МЕНЕДЖМЕНТ СТАРТАП ПРОЕКТУ

4.1 Інформаційна карта проекту

Інформаційна карта проекту представлена в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Інформаційна карта проекту

1. Назва проекту	Аналіз виробничої функції підприємства за S-кривою застосовуваної технології.
2. Автори проекту	Гурін Богдан Михайлович
3. Коротка анотація	Система призначена для аналізу стану виробничої функції фірми X за S-кривою застосовуваної технології. В ідеалі аналіз повинен дати відповідь на питання: "Скільки ще часу обсяги продажів будуть залишатися на прийнятному рівні, до якого терміну треба готувати перехід на нову ТС і як краще розпланувати час, що залишився". У будь-якому випадку необхідно зробити прогноз за наявними статистичними даними. Якість прогнозу буде на досить високому рівні, якщо проводити аналіз в режимі моніторингу, тобто після кожного кроку прийнятого в системі проводити повторний аналіз з метою корекції прогнозу на основі надходження нових даних.
4. Термін реалізації проекту	6 місяців
5. Необхідні ресурси	Обладнання – комп'ютери, принтер, сканер, ноутбуки, планшети. Програмне забезпечення, операційна система, антивірусне обладнання. Електрика, газ, водопостачання, Інтернет. Фінансові ресурси – заробітна плата працівникам на 6 місяців роботи, гроші на оплату комунальних послуг, аренди, реклами тощо. Приміщення з усіма необхідними комунікаціями.

Продовження таблиці 4.1

6. Опис проблеми, яку вирішує проект	Дана комплексна система дозволяє кількісно оцінити момент часу, коли потрібна заміна технології. Пошук нової технологічної функції проводиться в галузі і є не тривіальним. Успішне вирішення цього завдання дозволяє підвищити конкурентно здатність фірми і залишитися затребуваною на ринку.
7. Головні цілі та завдання проекту	Основна мета проекту – отримання диплому автором цього проекту. Додаткові завдання – новий досвід, розробка комплексної системи, робота із реальними даними та створення комерційно успішного продукту.
8. Очікувані результати	Система здатна своєчасно оцінити стан виробничої функції фірми X за історичними даними. Пошук нової технологічної функції проводиться в галузі і є не тривіальним. Успішне вирішення цього завдання дозволить фірмі X залишитися на ринку.

4.2 Команда проекту

- Менеджер з розвитку бізнесу, «Дипломат», «Колективіст», «Людина-ресурс». Завдання: комунікація з інвесторами, замовниками і командою, формування вимог та задач для команди, дослідження ринку.
- Аналітик економічних ринків, «Генератор ідей», «Людина-продукт». Завдання: аналіз майбутнього сервісу, прогнозування зміни технологій.
- Маркетолог, «Людина-реклама». Завдання: реклама наших послуг на різних ресурсах, знаходження покупця.

4.3 Бізнес-модель проекту

Бізнес модель проекту представлена на рисунку 4.1 та у таблиці 4.2.

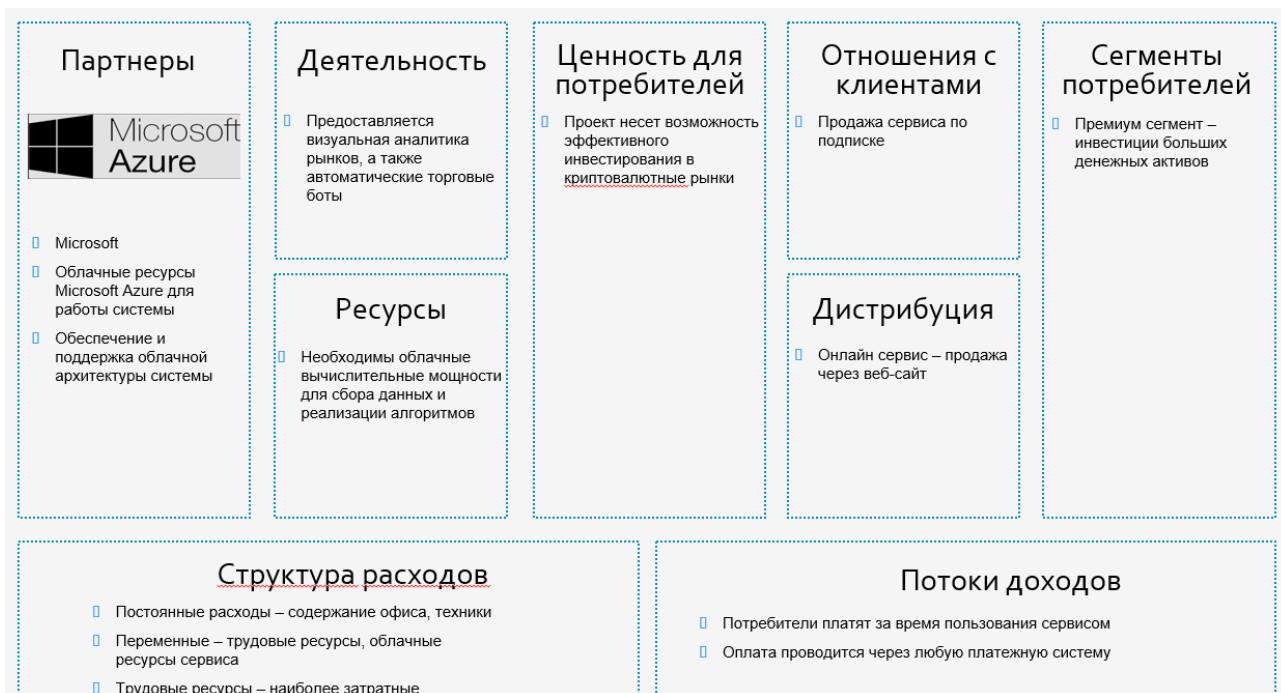


Рисунок 4.1 – Бізнес-модель проекту

Таблица 4.2 – Бізнес-модель проекту

Пропозиція для інвестора	<p>Інвестиції \$300 000</p> <p>Частка 75% від прибутку</p> <p>Бюджет – підтрима рішення, зарплата аналітикам.</p> <p>Показники – точність прогнозованих моделей на ринку</p> <p>Строки виконання: 1 реліз – 2 місяці, 2 реліз – 4 місяців, 3 реліз – 6 місяців</p>
--------------------------	--

Продовження таблиці 4.2

Місія і бачення проекту	Проект знаходиться на початковій стадії, планується збір даних, створення візуальної аналітики.
Зріз ринку	На ринку економіки зараз спостерігається значний ріст.
Виклики	Проблема необхідності зміни технологій.
Як проект відповідає викликам	Проект надає унікальну ефективну стратегію для інвестування коштів в розвиток технологій.

4.4 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту представлений у таблиці 4.3 – 4.12.

Таблиця 4.3 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/ п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	Приблизно 7, але їх кількість швидко зростає

Продовження таблиці 4.3

2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	По більшості компаній немає публічних даних. Найбільш масштабні компанії зібрали приблизно \$1 млн. Способи монетизації (підписка тощо) різні
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Стрімко зростає (ріст капіталізації більш ніж у 10 раз за останній рік)
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Низькі бар'єри входу на ринок, на даний момент ринок майже не регулюється, потрібен певний стартовий капітал, та юридичне оформлення компанії для залучення клієнтів.
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	На даний момент відсутні (ICO). Загальноприйнятими є певний whitepaper, roadmap, представлення команди. Реєстрація компанії як юридичної особи стандартизується законами України.

Продовження таблиці 4.3

6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	Приблизно 50%, зважаючи на відсутність публічних даних для більшості гравців
---	---	--

Таблиця 4.4 - Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

<i>№ n/n</i>	<i>Потреба, що формує ринок</i>	<i>Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)</i>	<i>Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів</i>	<i>Вимоги споживачів до товару</i>
	Проблема недоліку авторитетної, експертної інформації серед її дуже великої кількості, - внаслідок цього недовіра, відчуття важкого входу в ринок, недолік часу, збитки, страх втратити актив.	Інвестори, яким потрібен зручний та надійний спосіб для інвестування.	1 група клієнтів: доступ до даних, аналітики. Рішення про інвестування приймає сам клієнт.	Аналітика Візуалізація Інфографіка Доступ до даних та аналітики 24/7

Таблиця 4.5 – Фактори загроз

<i>№ n/n</i>	<i>Фактор</i>	<i>Зміст загрози</i>	<i>Можлива реакція компанії</i>
1	Вихід на ринок нових конкурентів	Відтік клієнтів Зростання складності прогнозування ситуації на ринку	Покращення стратегій, маркетинг, відгуки.
2	Різка зміна стану на ринках	Втрата грошей	Своєчасна зміна типу стратегій. В найгіршому випадку – перехід на інші ринки (акції тощо)
3	Глобальна регуляція ринку (юридична)	Непередбачувані наслідки	Своєчасне реагування, зміна стратегії компанії згідно з вимогами

Таблиця 4.6 – Фактори можливостей

<i>№ n/n</i>	<i>Фактор</i>	<i>Зміст можливості</i>	<i>Можлива реакція компанії</i>
1	Погіршення позицій конкурентів	Приток клієнтів, захоплення долі ринку	Відповідна маркетингова кампанія, можливе часткове поглинання конкурента
2	Зростання рівня доходів населення	Різке зростання попиту	Відповідна маркетингова кампанія, можливо розширення цільової аудиторії продукту, його модифікація
3	Поява нових алгоритмів або технологій	Можливість їх, впровадження, покращення точності моделей	Відповідне дослідження і впровадження їх в продукт

Таблиця 4.7 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

<i>Особливості конкурентного середовища</i>	<i>В чому проявляється дана характеристика</i>	<i>Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)</i>
1. Досконала конкуренція	Низький поріг входу, швидко зростаюча кількість гравців	Можливість застосування класичних підходів. Конкуренція за рахунок якості продукту, зручності сервісу, лояльності.
2. За рівнем конкурентної боротьби - глобальний	Можливість торгувати з будь-якого куточку світу	Потенційні клієнти чи партнери майже в будь якій країні
3. За галузевою ознакою - внутрішньогалузева	Конкуренція в даній вузькій галузі	Можливість шукати uncommon partnerships в інших галузях
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-родова - товарно-видова - між бажаннями	Присутні різні види в залежності від специфікації продукту	Можливість конкурувати за рахунок різних факторів та особливостей продукту
5. За характером конкурентних переваг - нецінова	Якість та точність моделей та торгових сигналів	Застосування сучасних методів штучного інтелекту
6. За інтенсивністю - не марочна	Новий ринок	Першочергову роль мають прогнози, а не бренд

Таблиця 4.8 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	<i>Прямі конкуренти в галузі</i>	<i>Потенційні конкуренти</i>	<i>Постачальники</i>	<i>Клієнти</i>	<i>Товари-замінники</i>
<i>Складові аналізу</i>	<i>S&T</i>	<i>Бар'єрів для входу майже немає</i>	<i>Постачальники – торгові біржі</i>	<i>Довіра до аналітики, простота користування</i>	<i>Замінники – інші варіанти інвестування</i>
Висновки:	Кількість конкурентів швидко зростає, але конкурують вони якістю продукту	Існують реальні можливості виходу на ринок та потенційні конкуренти, однак вони не є бар'єром. Вихід на ринок планується наступного місяця	За рахунок регулювання доступу API бірж, можуть бути проблеми з збором даних чи торгівлею, але на найближчій час, біржі зацікавленні в привабленні клієнтів, збільшуючи ліквідність	Клієнти хочуть мати надійні та зручні способи інвестування	В подальшому планується масштабування на фондові ринки та на інші варіанти інвестування

Таблиця 4.9 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

<i>№ n/n</i>	<i>Фактор конкурентоспроможності</i>	<i>Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)</i>
1	Надійність і точність прогнозних моделей та торгових сигналів	Зменшення ризиків інвесторів, збільшення доходності
2	Зручність користування платформою	Мінімізація витрат часу інвестора, наочність та автоматизація сигналів, зручність використання
3	Можливість гнучкого функціонального налаштування	Можливість формування різних портфелів активів, вибору різних типів стратегій. Диверсифікація ризиків

Таблиця 4.10 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

<i>№ n/ n</i>	<i>Фактор конкурентоспроможності</i>	<i>Бали 1-20</i>	<i>Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з S&T</i>						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Надійність і точність прогнозних моделей	10					•		
2	Зручність користування платформою	25						•	
3	Можливість гнучкого функціонального налаштування	20							•

Таблиця 4.11 – SWOT - аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: Використання сучасних аналітичних підходів з використанням штучного інтелекту. Зручність, легкість в користування. Широкий вибір формування портфелів та стратегій.	Слабкі сторони: Брак часу, можливість не встигнути за ринком чи конкурентами.
Можливості: Погіршення позицій конкурентів, зростання рівня доходів населення, поява нових алгоритмів або технологій (див. таблицю «Ринкові можливості»)	Загрози: Вихід на ринок нових конкурентів, різка зміна стану на ринках, глобальна регуляція ринку (юридична)

Таблиця 4.12 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

<i>№ п/п</i>	<i>Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки</i>	<i>Ймовірність отримання ресурсів</i>	<i>Строки реалізації</i>
1	У напрямку інших ринків – фондових, валютних тощо	Висока	~ 6 місяців

4.5 Розроблення ринкової стратегії проекту

Ринкова стратегія проекту представлена у таблицях 4.13 –4.16.

Таблиця 4.13 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

<i>№ п/п</i>	<i>Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів</i>	<i>Готовність споживачів сприйняти продукт</i>	<i>Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)</i>	<i>Інтенсивність конкуренції в сегменті</i>	<i>Простота входу у сегмент</i>
1	Не в ринку	25%	Нижче середнього	Висока	Потрібна активна маркетингова діяльність для ознайомлення з суттю ринку
2	Новачки в ринку	75%	Висока	Висока	Потрібна маркетингова активність для переконання у перевагах продукту
3	Професіонали	50%	Середня	Висока	Проста
4	Інвестори	65%	Вище середнього	Середня	Є певні проблеми з пошуком інвесторів
Які цільові групи обрано: 2,3,4					

Таблиця 4.14 – Визначення базової стратегії розвитку

<i>№ п/ п</i>	<i>Обрана альтернатива розвитку проекту</i>	<i>Стратегія охоплення ринку</i>	<i>Ключові конкурентоспромо жні позиції відповідно до обраної альтернативи</i>	<i>Базова стратегія розвитку*</i>
1	Розробка унікальних алгоритмів на основі машинного навчання штучного інтелекту	Reddit Telegram Конференції ЗМІ	Сучасні математичні алгоритми Зручність в користуванні Масштабованість	Стратегія дифференціації

Таблиця 4.15 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

<i>№ п/п</i>	<i>Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?</i>	<i>Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?</i>	<i>Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?</i>	<i>Стратегія конкурентної поведінки*</i>
1	Ні	І нових, і забирати існуючих	Забирати «напрямую» - ні, але існують компанії, що розробляють алгоритми схожими методами	Наступальна стратегія лідера

Таблиця 4.16 – Визначення стратегії позиціонування

<i>№ п/ п</i>	<i>Вимоги до товару цільової аудиторії</i>	<i>Базова стратегія розвитку</i>	<i>Ключові конкурентоспромо жні позиції власного стартап- проекту</i>	<i>Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)</i>
1	Точність та надійність	Позиціювання за показниками якості	Використання сучасних методів машинного навчання та штучного інтелекту	Успішність використання штучного інтелекту.
2	Зручність та наочність	Позиціювання за показниками якості	Зручний інтерфейс, наочна аналітика, візуалізація, інфографіка.	Робимо доступним і зручним у використанні трейдерами штучного інтелекту для торгівлі на біржах без необхідності поглиблення в вивчення математичних основ даних технологій

4.6 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Маркетингова програми стартап-проекту представлена у таблицях 4.17 – 4.21.

Таблиця 4.17 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

<i>№ n/n</i>	<i>Потреба</i>	<i>Вигода, яку пропонує товар</i>	<i>Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)</i>
1	Точність та надійність моделі	Використання сучасних методів штучного інтелекту	Використання сучасних методів штучного інтелекту на відміну від звичайних індикаторів
2	Зручність та наочність	Автоматичність	Не потребує втручання в код та додаткового налаштування

Таблиця 4.18 – Опис трьох рівнів моделі товару

<i>Рівні товару</i>	<i>Сутність та складові</i>		
I. Товар за задумом	Потреба ефективного інвестування пасивного капіталу без необхідності заглиблення в предметну область		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Точні і надійні сигнали		
	2. Моделі		
	Якість: бектест на історичних даних, Profit Factor = 3		
	Пакування – аналітика на основі моделей		
III. Товар із підкріпленням	До продажу		
	Після продажу		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: користувач не матиме доступу до вихідних даних чи коду програми, а лише до результатів її роботи.			

Таблиця 4.19 – Визначення меж встановлення ціни

<i>№ n/n</i>	<i>Рівень цін на товари- замінники</i>	<i>Рівень цін на товари- аналоги</i>	<i>Рівень доходів цільової групи споживачів</i>	<i>Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу</i>
1	2000- 3000\$/міс	1000- 2000\$/міс	\$2000+/міс	1000-5000\$/міс

Таблиця 4.20 – Формування системи збуту

<i>№ n/n</i>	<i>Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів</i>	<i>Функції збуту, які має виконувати постачальник товару</i>	<i>Глибина каналу збуту</i>	<i>Оптимальна система збуту</i>
1	Необхідність отримання якомога швидкого і простого результату	Швидкість та зручність	-	Мережа Інтернет

Таблиця 4.21 – Концепція маркетингових комунікацій

<i>№ п/п</i>	<i>Специфіка поведінки цільових клієнтів</i>	<i>Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти</i>	<i>Ключові позиції, обрані для позиціонування</i>	<i>Завдання рекламного повідомлення</i>
1	Необхідність отримання якомога швидкого і простого результату	Facebook Reddit Telegram Інформаційні портали	Точність та надійність моделей. Зручність та наочність	Привернути увагу, змусити замислитись

Висновки до розділу

У даному розділі був проведений аналіз потенціалу даної роботи до використання у стартапі. Можна зробити висновок, що дана робота може бути використана для створення стартапу, зацікавити інвесторів та приносити прибуток.

ВИСНОВКИ

Робота присвячена застосуванню S-образних кривих в контексті розв'язання винахідницьких завдань, інновацій та технологій і їх прогнозів. Після пояснення походження логістичної S-кривої дається короткий огляд публікацій та наводяться приклади з різних областей її застосування.

Необхідно вибрати з арсеналу S- кривих ті, які найбільш повно відображають суть процесу, описуваного наявними статистичними даними. Для більш повної оцінки стану справ на S криву визначального параметра по можливості накладати відповідні криві для системи в цілому і для найбільш значущих конкурентів. При цьому доцільно розглядати конкурентів не тільки предметних, але також видових і функціональних.

Такий підхід до побудови S кривої зробить більш обґрунтованими і достовірними типові висновки і рекомендації для даного етапу розвитку системи. Сам етап розвитку легко можна буде визначити, як тільки крива буде побудована.

Розроблено методику ідентифікації параметрів S-образних кривих за заданими історичними даними на основі нелінійного OLS методу (використані графічного калькулятора Desmos і пакет статистичного аналізу Minitab 19). На основі цієї методики вирішується завдання вибору найкращої S- кривої серед відібраних для використання за отриманими статистичними оцінками помилок апроксимації. Далі будуються локальні прогнози для досліджуваного ряду на прикладі дифузійної моделі Басса. Прогноз будується в режимі моніторингу, що дозволяє прогнозувати досліджуваний ряд на кілька кроків вперед. Незважаючи на велику критику і труднощі використання S-кривих для довгострокового прогнозування, вона продовжує залишатися популярна моделлю для опису еволюції систем (технологічних, економічних, соціальних та інших) з плином часу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Альтшуллер Г.С., О прогнозировании развития технических систем - , 1975; <http://www.altshuller.ru/triz/zrts3.asp>
2. Богданов А.А., Дайнингер Д., Дюжев Г.А. Перспективы развития промышленных методов производства фуллеренов //ЖТФ, 2000, т70, вып. 5; <http://www.ioffe.rssi.ru/journals/jtf/2000/05/p1-7.pdf>
3. Двугорбая кривая. Обсуждение статьи. По журналу „ Bild der Wissenschaft“, 9/2004, страница 95; <http://www.triz-ri.ru/forum/mess.asp?thr=19382>
4. Жуков Р.Ф., Петров В.М. Современные методы научно-технического творчества. - Л.: ИПК СП, 1980.-88 с.; <http://www.trizland.com/trizba/pdf-books/zrts-03-dialekt.pdf>
5. Любомирский А., Литвин С. [Законы развития технических систем](#) - GEN3 Partners, 2003.
6. Селиванов С.Г. Технологическая инноватика. – М.: Наука, 2004.–283 с.
7. Селиванов С.Г., Гузаиров М.Б., Кутин А.А. Инноватика. Учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 2007. - 721 с.
8. Семёнычев В.К., Семёнычев Е.В., Параметрическая идентификация рядов динамики: структуры, модели, эволюция: монография. Самара: Изд-во «СамНЦ РАН», 2011. 364 с.
9. В.К. Семёнычев, В.Н. Кожухова. Анализ и предложения моделей экономической динамики с кумулятивным логистическим трендом: монография, Самара: Изд-во «СамНЦ РАН», 2013.
10. Семенычев В. К., Коробецкая А. А., Кожухова В. Н. «Предложения эконометрического инструментария моделирования и прогнозирования эволюционных процессов»: монография, Самара : САГМУ, 2015. — 384 с.

11. Семёнычев В.К., Е.В. Семёнычев. Информационные системы в экономике. Эконометрическое моделирование инноваций. Часть 1: учеб. пособие / Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2006.
12. Altshuller, G.S. Creativity as an Exact Science. Sovietskoe radio Publishing House, Moscow, 1979.
13. Altshuller, G.S. About forecasting of technical systems development. Seminars materials p. 8, Baku, 1975.
14. Weisstein, E.W. Logistic Equation. (MathWorld A Wolfram Web Resource, 2003). <http://mathworld.wolfram.com/LogisticEquation.html> .
- Modis, T., A Scientific Approach to Managing Competition. The Industrial Physicist, 2003. 9(1): p. 24-27.
15. Modis, T., Predictions - 10 Years Later. 2002, Geneva, Switzerland: Growth Dynamics. 335. ISBN 2-9700216-1-7.
16. Debecker, A. and T. Modis, Determination of the uncertainties in S-curve logistic fits Technological Forecasting and Social Change, 1994. 46(2): p. 153-173.
17. Ayres, R.U., Technological Forecasting and Long-Range Planning. 1969: McGraw-Hill book Company. 237. ISBN 0070026637.
18. Rogers, E.M., Diffusion of Innovations. 5th ed. 2003, New York: Free Press. 512. ISBN 0-7432-2209-1.
19. Fisher, J.C. and R.H. Pry, A simple substitution model of technological change. Technological Forecasting and Social Change, 1971. 3(1): p. 75-78.
20. Modis, T., Fractal aspects of natural growth Technological Forecasting and Social Change, 1994. 47(1): p.63-73.
21. Petrov, V. and A. Seredinski, Progress and Ideality, in TRIZ Future Conference 2005, ETRIA World conference, J. Jantschgi, Editor. 2005, Leykam Buchverlag: Graz, Austria.
22. Gautier, L., M. Marrony, and D. Kucharavy, Technological forecasting of Fuel Cells for small stationary applications. 2005, European Institute for Energy Research-EIfER: Karlsruhe. p. 38.

23. Schnaars, S.P., *Megamistakes: Forecasting and the Myth of Rapid Technological Change*. 1989, New York: The Free Press. 202. [14] Schnaars, S.P., S.L. Chia, and C.M.M. III, Five Modern Lessons from 55-Year-Old Technological Forecast. *Journal of Product Innovation Management*, 1993. 10(1): p. 66-74.
24. *Principles of Forecasting: A Handbook for Researchers and Practitioner*. 1st ed, ed. J.S. Armstrong. 2002, Boston / Dordrecht / London: Kluwer Academic Publishers. 849.
25. Glenn, J.C. and Gordon, T.J., eds. *Futures Research Methodology*. (AC/UNU Millennium Project, Washington, D.C. 20016-4055, 2003).
26. Porter, A.L. and Cunningham, S.W. *Tech mining: exploiting new technologies for competitive advantage*. (John Willey & Sons Inc., Hoboken, New Jersey, 2005).
27. Molitor, G.T.T. Molitor Forecasting Model: Key Dimensions for Plotting the "Patterns of Change". *Journal of Future Studies*, 2003, 8(1), 61-72.
28. Braun, W., The System Archetypes, in *The Systems Modeling Workbook*. 2002.
29. Khomenko, N., Guio, R.D., Lelait, L. and Kaikov, I. A Framework for OTSM-TRIZ Based Computer Support to be used in Complex Problem Management. *International Journal of Computer Applications in Technology (IJCAT)*, 2007, In Press, Corrected Proof.
30. Kucharavy, D. and R. De Guio, Problems of Forecast, in *ETRIA TRIZ Future 2005*. 2005: Graz, Austria.
31. Kucharavy, D. and R. De Guio, Problem Mapping for the Assessment of Technological Barriers in the Framework of Innovative Design, in *International Conference On Engineering Design, ICED'07*. 2007: Paris, France.
32. Dmitry Kucharavy, Roland De Guio, Application of S-shaped curves, *Procedia Engineering* 9 (2011) 559–572 .